

OLYMPUS

オリンパスは、未来を担うこどもたちの“科学する心”を育てるため、
「自然科学観察コンクール」に、60年にわたって協賛しています。



<https://www.shizecon.net/>

第63回自然科学観察コンクール入賞作品ガイド集

編集発行：自然科学観察研究会 〒100-8051 東京都千代田区一ツ橋1-1-1 TEL.03-6265-6817 2023年3月発行

主催：毎日新聞社 自然科学観察研究会 後援：文部科学省 協賛：OLYMPUS

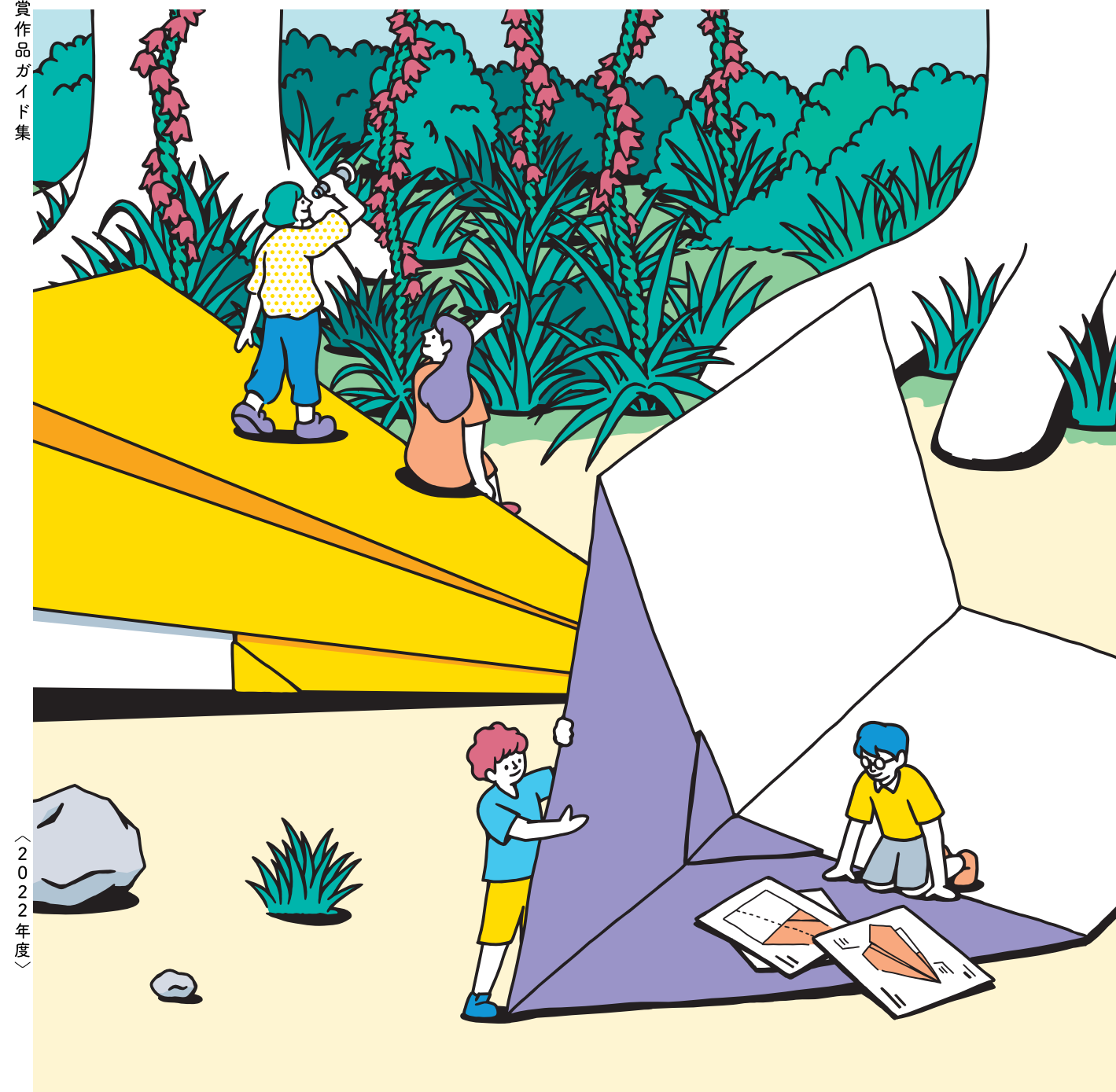


第63回 自然科学観察コンクール

入賞作品ガイド集

〈2022年度〉

第63回自然科学観察コンクール
入賞作品ガイド集



〈2022年度〉

激動の中から生まれた オリジナリティあふれる 力作が揃い踏み。

コロナ禍、国際情勢の悪化、物価の高騰などのニュースが相次ぎ、2022 年は子どもたちにとっても不安の多い一年となりました。一方、北京五輪では冬季大会で最多となる数のメダルを獲得し、サッカー W 杯カタール大会では並み居る強豪を破り、過去最高位を記録。日本のアスリートたちの活躍には、きっと多くの子どもたちが胸を躍らせたはずです。また、442 年ぶりとなる皆既月食は、日本中の子どもたちが天体や自然観察に関心を寄せる大きなきっかけになったのではないのでしょうか。

小・中学生の部を合わせて 7,878 点という多数の作品が集まった、第 63 回「自然科学観察コンクール」。ネジバナの新たな送粉方法を昼夜問わずカメラで記録し調査した作品や、紙飛行の揚力を自作の装置などを用いて実験・解析した作品など、今年もシゼコンらしいオリジナリティあふれる力作が選出されました。

本ガイド集は審査員の指導のもと、主な入賞作品の趣旨や魅力をできる限り伝え損なわないように配慮しダイジェスト化したものです。また、子どもたちを指導された先生方のお話、審査員の講評など、作品づくりのプロセスや作品への評価を含め、研究の成果をさまざまな観点から紹介するようつとめました。ガイド集としてだけでなく、一冊の理科の参考書として興味深く読んでいただけるものと思います。小・中学生のこれからの自然科学や研究活動に、そして第 64 回コンクールへの応募に役立てていただければ幸いです。

主催：毎日新聞社 自然科学観察研究会 後援：文部科学省 協賛：オリンパス株式会社

●目次

序文 1

第63 回(2022 年度)自然科学観察コンクール 課題／審査員／賞 3

審査の総評 4～5

第63 回自然科学観察コンクール入賞作品(中学校の部) 6～7

第63 回自然科学観察コンクール入賞作品(小学校の部) 8～9

文部科学大臣賞(中学校の部) 12～15

1 等賞(中学校の部) 16～17

2 等賞(中学校の部) 18～19

3 等賞(中学校の部) 20～21

秋山仁特別賞(中学校の部) 22～23

オリンパス特別賞(中学校の部) 24～25

継続研究奨励賞(中学校の部) 26～27

佳作(中学校の部) 28～31

文部科学大臣賞(小学校の部) 34～37

1 等賞(小学校の部) 38～39

2 等賞(小学校の部) 40～41

3 等賞(小学校の部) 42～43

秋山仁特別賞(小学校の部) 44～45

オリンパス特別賞(小学校の部) 46～47

継続研究奨励賞(小学校の部) 48～49

佳作(小学校の部) 50～53

学校奨励賞受賞の言葉(中学校の部) 55

学校奨励賞受賞の言葉(小学校の部) 55

指導奨励賞受賞の言葉(中学校の部) 56

指導奨励賞受賞の言葉(小学校の部) 57

健闘賞(中学校の部) 58

健闘賞(小学校の部) 59

第63回(2022年度)自然科学観察コンクール

課 題

動・植物の生態・成長の観察記録、鉱物、地質、天文、気象の観測など、テーマは自由

審査員

●東京理科大学名誉教授 理学博士	秋山 仁
●東京学芸大学名誉教授 工学博士	小澤紀美子
●東京大学名誉教授 理学博士	邑田 仁
●全国中学校理科教育研究会顧問	田中央人
●全国小学校理科教育研究協議会会長	西尾克人
●文部科学省 初等中等教育局 教科書調査官 博士(理学)	木部 剛
●国立科学博物館名誉館員・名誉研究員 学術博士	友国雅章
●毎日新聞社 論説副委員長	元村有希子
●毎日新聞社 ビジネス開発本部教育事業室プロデューサー	大矢伸一

賞 < 中学校の部、小学校の部とも同じです >

- 文部科学大臣賞……1 点<最優秀作品に>
作品＝文部科学大臣賞の賞状、副賞(OMデジタルソリューションズ コンパクトデジタルカメラ「TG-6」、図書カード)
学校＝賞状、副賞(図書カード)
- 1 等賞……1 点
作品＝賞状、副賞(図書カード)
学校＝賞状
- 2 等賞……1 点
作品＝賞状、副賞(図書カード)
学校＝賞状
- 3 等賞……1 点
作品＝賞状、副賞(図書カード)
学校＝賞状
- 秋山仁特別賞……1 点<発想・視点の面白い優秀作品に>
作品＝賞状、副賞(図書カード)
学校＝賞状
- オリンパス特別賞……1 点<顕微鏡を使った優秀作品に>
作品＝賞状、副賞(図書カード)
学校＝賞状
- 継続研究奨励賞……1 点<複数年にわたって研究を続けた優秀作品に>
作品＝賞状、副賞(図書カード)
学校＝賞状
- 佳作……10 点
作品＝賞状、副賞(図書カード)
学校＝賞状
- 学校奨励賞……1 校
学校＝賞状、副賞(図書カード)
- 指導奨励賞……3 名程度
先生＝賞状、副賞(図書カード)
- 健闘賞……数点
作品＝賞状、副賞(図書カード)
- 参加賞……応募者全員に記念品

審査の総評

東京学芸大学名誉教授
工学博士 小澤 紀美子

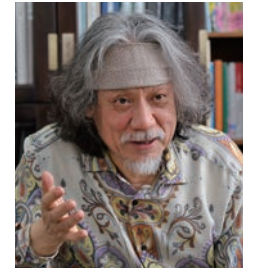


第 63 回をむかえた自然科学観察コンクールに応募していただいた小・中学生の作品を読む至福の時間は何事にも代えがたく、希望と感動の時を過ごすことができました。審査にあたり、まず、審査員が各自で応募作品を納得いくまで読み込み、最終審査会では審査員が一堂に会して意見を交わして、各賞を選びました。受賞された皆さまに、心からお祝いを申し上げます。

「持続可能な社会」への貢献を意識して SDGs に取り組んだ作品もありましたが、応募作品の基底には、自然環境や生き物の生態系にとどまらず、人と自然、人と地域、さらには人と環境との関係性や普段何気なく見ている現象の「不思議」に気づき、あるいは見逃している事象に「なぜ」という疑問を投げかけ、深く考察にいく過程や「ものがたり」的に展開している作品に感動を覚えました。疑問を自ら「問う」ことや専門性の高い方からの示唆を得る努力により多角的に科学的な視点から洞察していること、さらに実証実験の方法のための装置を自作し粘り強く試行錯誤し、科学的に考察し論理を深めている作品にとどまらず作品にまとめ、その成果を分かりやすく表現している作品に多く出会いました。失敗に学び新たな方法での解明、課題探究や問題解決能力に磨きをかけ、さらに知的好奇心を満開にして挑戦している姿勢に未来への希望を見出すことができました。来年も多くの作品が寄せられることを期待しています。

審査の総評

東京理科大学名誉教授
理学博士 秋山 仁



国の教育目標の柱として、『知識及び技能に加え思考力、判断や表現力など』が新学習指導要領に掲げられた。しかし、思考力に関する内容は具体的にそこには示されていません。

先生や親は子供たちに向かって、「知識や技能を身につけるだけでなく思考力を磨きなさい」としばしば言いますが、子どもたちから「思考力を身につけるためにはどうすればよいのですか？」と尋ねられたら、あなたはどうか答えますか？

思考力のある人とは「人に頼らず、自分で課題を見つけ、それをあの手この手を駆使して解決する人」と言えるでしょう。すなわち、問題解決能力と問題発見能力を兼ね備えている人です。知識・技能の伝授なら “How to 本” で教えることも可能でしょうが、思考力に関してはそういうものはつくれません。ですが、思考力を育くむための良い環境を与えることは可能です。そのためには、自然科学観察コンクールのように、子供が自ら興味関心を抱く課題を見つけ推論を立て、実験観察を繰り返し、試行錯誤の上、真実に辿りつく経験を積ませることが最適です。

新学習指導要領の柱になる教育目標を 60 年以上前から実践している自然科学観察コンクールに敬意を表します。

第63回自然科学観察コンクール入賞作品

[中学校の部]

文部科学大臣賞	「紙飛行機の揚力について ～へそ紙飛行機の秘密～」 石川県金沢大学人間社会学域学校教育学類附属中学校 2年 中浜康希
1等賞	「キバネツノトンボの研究 3rd season –羽化について–」 茨城県小美玉市立小川南中学校 1年 内山旬人
2等賞	「朝顔の研究パート9 ～新しい朝顔の誕生まで③～」 熊本県山鹿市立鹿北中学校 3年 中島とあ
3等賞	「テナガカクレエビ鰓部寄生個体の正体に迫る!! ～日本初報告か?新種発見か!?～」 鹿児島県鹿児島市立坂元中学校 2年 二石寛士
秋山仁特別賞	「『IKASAMA』の科学」 秋田県由利本荘市理科教育センター 秋田県由利本荘市立大内中学校 3年 伊藤舞来 秋田県由利本荘市立本荘南中学校 3年 新為優和 秋田県にかほ市立象潟中学校 2年 荒木璃香 秋田県由利本荘市立本荘東中学校 2年 柴田祐夏 秋田県由利本荘市立本荘東中学校 2年 加藤凜莉也 秋田県由利本荘市立本荘東中学校 2年 熊谷愛心 秋田県由利本荘市立鶴舞小学校 6年 阿部心美 秋田県由利本荘市立鶴舞小学校 5年 渡部日和 秋田県由利本荘市立新山小学校 4年 加藤 憧
オリンパス特別賞	「スマイレの繁殖戦略」 新潟県魚沼市立湯之谷中学校 1年 星 万潤
継続研究奨励賞	「メダカの研究パート6 ～遺伝子の組み合わせによる体色変化の違いと常染色体潜性(劣性)遺伝が及ぼす成長への影響～」 千葉県佐倉市立井野中学校 3年 成田百花
佳作	「ストロー飛行機を科学する2nd シーズン よく飛ぶストロー飛行機を作ろう、調べよう 7年目」 山形県酒田市立鳥海八幡中学校 1年 池田蒼空・池田滯央
佳作	「マイクロスケール実験で行う生物農薬の研究 part.Ⅱ ～アレロケミカルの作用経路を探る～」 茨城県立並木中等教育学校 3年 石原大馳・渋谷悠太

佳作	「太陽光は最高の眼科医!? 2022 ～今、中学生の 60%が近視。1日2時間太陽光を浴びるだけで、近視が改善する!?～」 東京都港区立三田中学校 1年 高橋咲来
佳作	「群れる金魚たち～音楽の好みと鏡の認識～」 東京都東京学芸大学附属竹早中学校 2年 梅田麻央
佳作	「スズメと口笛の関係」 神奈川県逗子開成中学校 3年 石渡戸 優
佳作	「流体デバイス作り 小型化と低コスト化に挑戦!! 人体の血液循環を流体力学で考える」 富山県富山大学教育学部附属中学校 1年 張 契洙
佳作	「宝石のような結晶をつくる! Part 3 –ミョウバン結晶の表面欠陥と結晶成長–」 石川県金沢市立大徳中学校 2年 坂田佳優
佳作	「蟻の研究 登る能力とケシヤドリの謎に挑戦」 静岡県浜松市立佐鳴台中学校 2年 広瀬峻一朗
佳作	「奈良県生駒市におけるツバメの子育て研究」 奈良県奈良女子大学附属中等教育学校 3年 荻巣 樹
佳作	「もったいないをやっつけろ!! ぼくだって油職人!! 5年目の挑戦」 愛媛県新居浜市立角野中学校 1年 松本琉希
学校奨励賞	石川県金沢大学人間社会学域学校教育学類附属中学校
指導奨励賞	秋田県由利本荘市理科教育センター 理科教育指導員 佐藤和広
指導奨励賞	新潟県長岡市立富曽亀小学校 校長 中島 稔
指導奨励賞	東京都東京学芸大学附属竹早中学校 金子真也

第63回自然科学観察コンクール入賞作品

[小学校の部]

文部科学大臣賞	「ネジバナの研究 2019 ～ 2022 ～新しい送粉者と送粉方法の発見～」 東京都千代田区立九段小学校 3年 熊谷緋沙子
1等賞	「糸満市真栄里海岸におけるオカヤドカリの研究Ⅱ ～オカヤドカリの宿貝について～」 沖縄県糸満市立糸満南小学校 5年 上原 諒
2等賞	「イモリの研究 ～模様の遺伝・イモリの謎に迫る～」 静岡県掛川市立大坂小学校 5年 伊藤映人
3等賞	「カイコと桑畑の生態系観察日記 2022 予想・推理・仮説を愉しむ」 神奈川県大和市立緑野小学校 3年 赤羽深鳥
秋山仁特別賞	「～飛ばしてキャッチ!!遠くまで飛ぶペーパーブーメランのひみつ～」 富山県富山大学教育学部附属小学校 5年 澤田利周
オリンパス特別賞	「『水草から出る気体』根ほり葉ほり」 東京都港区立青南小学校 4年 葉山楓悟
継続研究奨励賞	「ついに4年目 モグラをつかまえた!」 東京都杉並区立浜田山小学校 5年 岡本 悠
佳作	「池の色を変える微生物 part 2」 茨城県結城市立結城小学校 6年 宮崎惟文
佳作	「ヨーグルトのひ・み・つ Part.4 ～ヨーグルトの中の変化をさぐれ! 安心・安全な種継のために!～」 茨城県阿見町立阿見小学校 4年 五十嵐瑛菜
佳作	「空を見て天気予報をしよう!!」 千葉県印西市立原小学校 3年 藤倉美海
佳作	「カビを防ぐ最強の物 ～身近な食べ物が役に立つ～」 千葉県日出学園小学校 4年 竹内希恵
佳作	「ストームグラスは本当に天気を予測できるのか」 千葉県日出学園小学校 6年 石橋 亮

佳作	「昆虫の体の部分べつ研究三年目 『羽のなぞをととき明かす!』」 神奈川県横浜市立西柴小学校 3年 二瓶圭之助
佳作	「トノサマバッタの研究パート5 ～気温と、食べる草の量・成長の早さとの関係～」 富山県富山市立堀川小学校 6年 船木壮太
佳作	「セミ! うるさい!!② ー庭のセミの研究ー」 静岡県浜松市立都田南小学校 5年 酒井 杏
佳作	「マザーリーフの研究」 静岡県浜松市立上島小学校 6年 小関乃愛
佳作	「島根半島と宍道湖、中海にみられる砂の中の化石のひみつ」 島根県松江市立城北小学校 4年 宮下絢咲
学校奨励賞	東京都千代田区立九段小学校
指導奨励賞	富山県富山大学教育学部附属小学校 保井海太朗
指導奨励賞	東京都港区立青南小学校 教諭

中学校の部

紙飛行機の揚力について ～へそ紙飛行機の秘密～

石川県金沢大学人間社会学域学校教育学類附属中学校 2年 中浜康希

研究のきっかけ

中学1年生の時、竹とんぼの羽の揚力と空気抵抗について研究をした。羽の角度を大きくすると、竹とんぼの揚力は増すが、同時に羽が受ける空気抵抗も増す。羽の角度と揚力や空気抵抗の変化は一樣ではなく、羽の角度が12.5度の時、増す揚力と空気抵抗によって減る回転数とのバランスが最もよくなることがわかった。

この研究で揚力に興味を持ち、竹とんぼの他に揚力に関わるものを探した。折り方によって飛び方が異なる紙飛行機の羽にも、揚力や空気抵抗が生じているはずだ。紙飛行機に生じる揚力と空気抵抗の関係を調べ、安定して飛ぶために最適な条件を突き止めたいと思った。

今まで作った紙飛行機のなかで、父から折り方を教えてもらった「へそ紙飛行機」が一番好きだ。昔からよく折られている紙飛行機で、父も祖父から折り方を教えてもらったという。へそ紙飛行機はそれほど長距離は飛ばないが、ゆったりとした速度でふわっと飛ぶのが魅力だ。安定飛行の条件を、へそ紙飛行機を使って調べてみた。

実験 1 の方法と結果

● 実験1の目的と方法

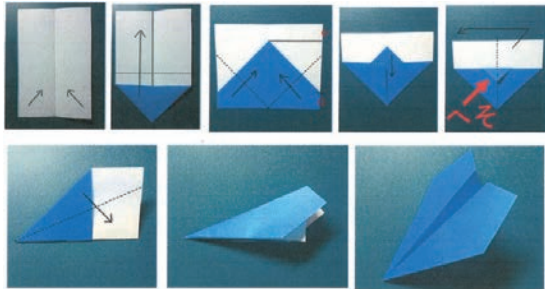
竹とんぼは回転する時に羽の迎え角に応じた揚力を得て飛び上がるが、揚力とともに生じる空気抵抗によって回転速度が徐々に低下し、揚力が地球の重力より小さくなった時に落下する。

上に飛ばす竹とんぼと違って紙飛行機は、前に飛ぶ距離を競う。安定飛行には、揚力とともに推進力も大切ではないかと予想できる。へそ紙飛行機の飛び方と、揚力や空気抵抗の関係を実験1で確かめることにした。

実際の紙飛行機の飛行速度に近い強い風が出て、風速を10段階に設定できるサーキュレーターを用意した。サーキュレーターの渦巻き状の風を、正面から真っすぐ吹く均一な風に変えるため、2種類のフィルターを手作りした。

風を受けるへそ紙飛行機は翼が折れないように厚紙で折り、土台に設置する。1/100gまで測定できるはかりに土台ごと飛行機を載せ、風を当てて軽くなった重さを揚力として計測する。風速は1.9m/s、2.8m/s、3.6m/s、4.3m/s、5.2m/sの5段階、へそ紙飛行機の翼の角度を0

● へそ紙飛行機の折り方



度、5度、10度、15度、20度、25度、30度と5度ずつ変えながら測定した。

● 実験1の結果

へそ紙飛行機の翼には、揚力が発生していることが確認できた。羽の角度が大きくなるほど揚力は増し、風速が強くなるほど揚力は増した。A4のコピー用紙でへそ紙飛行機を折ると、重さは4.42 ～ 4.43gだ。実際にコピー用紙のへそ紙飛行機を浮かす揚力を生んだのは、下記の薄黄色の範囲内だとわかった。

実験 1 の揚力		風速				
		1.9m/s	2.8m/s	3.6m/s	4.3m/s	5.2m/s
羽の角度	0 度	0.00g	0.08g	0.15g	0.16g	0.21g
	5 度	0.47g	0.97g	1.65g	2.53g	3.59g
	10 度	1.23g	2.52g	4.22g	6.38g	9.08g
	15 度	1.64g	3.40g	5.78g	8.66g	12.34g
	20 度	1.96g	4.13g	6.99g	10.37g	14.76g
	25 度	2.55g	5.16g	8.57g	12.62g	17.54g
	30 度	3.07g	6.16g	10.23g	15.40g	21.52g

実験 2 ～ 3 の方法と結果

● 実験2 ～ 3 の目的と方法

家の中でへそ紙飛行機を飛ばしてみると、力を入れすぎずすと軽めに飛ばせた時に8m先の壁まで届いた。うまく飛ばせた10回の試技で、飛行時間と飛距離を測定し、平均速度を算出すると3.5m/sだった（実験2）。

当然、飛ばし始めは5 ～ 6m/s前後、墜落前は2m/s前後などと速度の変化はあるはずだが、実験1の3.6m/sに近い平均速度となっていた。実験1の3.6m/sの風速では、飛行機の翼が15度以上傾いていないと必要な揚力を得られない結果となっている。しかし、実際に手で飛ばしてみると、飛行機は翼が水平に近い姿勢で飛行している印象しか残らない。翼の角度だけでなく、他の何

かが揚力を補っているのではないかと考えた。

実験3では、へそ紙飛行機の翼に生じる空気抵抗値も実測することにした。新たに回転体を用意して、回転体の天（12時）の位置に厚紙で作った翼だけの型紙を固定する。固定した翼に真正面から、フィルター付きサーキュレーターで風を当てる。実験1と同じように風速と翼の角度を変えながら、翼が上に浮き上がる力（揚力）と、風の影響で後ろへ押され回転する力（空気抵抗）を、別々のはかりで測定した。

● 実験3の結果

実験装置が違うことや、翼だけしかなかった影響からか、実験3の揚力値は実験1より全体的に大きい数値となった（実際にへそ紙飛行機を浮かす揚力は薄黄色の範囲内）。現実の飛行姿勢に近い羽の角度5度の数値は実験1と大差なく、へそ紙飛行機が実験データ上では揚力の足りない状態で飛行している不思議に変わりはない。

空気抵抗値は、翼の角度が大きくなるほど増していた。風速と空気抵抗の関係のほうは比例ではなく、風速が2倍になると空気抵抗は4倍になっている。これは飛行速度が速い時ほど大きな空気抵抗を受けることを意味し、へそ紙飛行機は飛ばした直後、速ければ速いほど飛行速度が急激に落ちることがわかった。

実験 3 の揚力		風速				
		1.9m/s	2.8m/s	3.6m/s	4.3m/s	5.2m/s
羽の角度	0 度	-0.11g	-0.23g	-0.48g	-0.53g	-0.64g
	5 度	0.75g	1.52g	2.45g	3.59g	5.23g
	10 度	1.40g	2.92g	4.99g	7.40g	10.36g
	15 度	2.52g	5.00g	8.34g	12.68g	18.00g
	20 度	3.72g	7.25g	12.25g	18.67g	26.57g
	25 度	4.72g	9.56g	16.37g	25.00g	35.86g
	30 度	5.76g	11.82g	20.14g	31.00g	45.72g

実験 3 の空気抵抗		風速				
		1.9m/s	2.8m/s	3.6m/s	4.3m/s	5.2m/s
羽の角度	0 度	0.27g	0.53g	0.75g	1.20g	1.29g
	5 度	0.35g	0.67g	1.04g	1.54g	2.07g
	10 度	0.54g	1.05g	1.70g	2.56g	3.44g
	15 度	0.87g	1.66g	2.82g	4.31g	6.23g
	20 度	1.26g	2.41g	4.21g	6.44g	9.57g
	25 度	1.74g	3.44g	6.11g	9.76g	14.60g
	30 度	2.34g	4.92g	8.72g	14.00g	21.54g

実験 4 の方法と結果

● 実験4の目的と方法

実験1のへそ紙飛行機は、溝が比較的開いていない型だった。自然な形でへそ紙飛行機を折ると、溝が45度開いた型になる。溝が閉じた機体をT字型、開いた機体をV字型として、飛び方を比べた。T字型は飛行速度が速くすと飛び、V字型は遅くふわっと飛ぶ。T字型は飛行の軌道が安定し再現性も高く、V字型は不安定、再現性は低い。T字型は上昇することがなくそのまま下降し、V字型は上昇することがあり、ゆっくり下降する。

T字型とV字型の違いは胴体のV字溝の有無で、T字

型のほうが明らかに空気抵抗が小さいように思えた。これまでの研究から、空気抵抗が増せば揚力も増えていくので、空気抵抗が大きいなら揚力も大きいと推測できる。そこで、へそ紙飛行機のV字溝の揚力と空気抵抗を測定することにした。

厚紙で作ったV字型飛行機のV字溝長辺が水平になるように回転体へ固定し、溝の角度を0 ～ 180度まで15度ずつ変えながら、実験3と同じ方法で揚力と空気抵抗を測定した。

● 実験4の結果

測定した数値を見ると、V字溝には本当に揚力が発生していた。揚力はV字の角度が90度の時最大で、風速1.9m/sで2.36g、2.8m/sで3.26g、3.6m/sで5.12g、4.3m/sで7.50g、5.2m/sで8.98gだった。空気抵抗も90度の時が最大で風速1.9m/sで1.15g、2.8m/sで1.55g、3.6m/sで2.49g、4.3m/sで3.64g、5.2m/sで5.01gだった。

折ると自然にできるV字溝45度の場合、揚力は風速1.9m/sで1.49g、2.8m/sで2.00g、3.6m/sで3.26g、4.3m/sで4.85g、5.2m/sで6.67gだった。V字溝45度の機体は 羽に角度がなくても、へそ紙飛行機を飛ばした直後の高速域（4 ～ 6m/s）で機体を浮かせる揚力を得ていることがわかった。「紙飛行機は翼に発生する揚力で飛行する」と本に書いてあったが、実際には水平飛行の時は翼よりV字溝の揚力のほうが大きく、足りない揚力は胴体のV字溝が補っていた。

実験 5 の方法と結果

● 実験5の目的と方法

V字溝がないT字型のへそ紙飛行機は、水平飛行時に揚力を生み出す部分がないことになる。速く飛ぶT字型へそ紙飛行機の飛行姿勢は、目視でははっきり確認できない。水平に飛び出したT字型へそ紙飛行機が、どんな姿勢で飛行し、どんな軌道を描くのか、スマートフォンのスロー撮影機能を使って調べることにした。

壁に距離と高さをマーク表示をした無風の室内でT字型へそ紙飛行機を飛ばし、ストップウォッチの時間表示とともにスマートフォンでその飛行を撮影した。発射時の角度や強さを一定にする発射台を作製し、安定飛行できるようにした。2mの区間を通過するのに要した時間から、規定区間の速度を算出した。

● 実験5の結果

強めに発射したT字型へそ紙飛行機は、水平にまっすぐ飛び出し、翼の角度も水平、ほぼ0度を維持しながら撮影区間を6m/s前後で飛んだ。翼の角度は0度に近く、ほとんど揚力は得られていないはずだ。

ゆるめに発射したT字型へそ紙飛行機は徐々に高度を下げながら、斜め下方向へ飛行した。飛行速度が4m/s出ている時も高度が下がり始めていて、この飛行姿勢では揚力がほとんど得られていなかった。

この考察から、T字型へそ紙飛行機は常に進行方向に対し翼が水平の状態で行っていることがわかった。揚力の影響はなく、前方への推進力だけで飛んでいることになる。投げたボールがある程度、まっすぐ飛ぶのと同じかもしれないと考えた。

実験 6 の方法と結果

● 実験6の目的と方法

実験5まで、紙飛行機の翼はまっすぐ平らな状態で実験し、考察を重ねてきた。しかし紙飛行機がうまく飛ばない時に、翼の後ろの端を少し曲げることは、昔からよくやる改善策だ。翼後部の一部の角度を変えることで、機体の飛行姿勢を変えられるのではないかな。

へそ紙飛行機の前後のバランスが取れる重心位置を確認し、吊るした時に飛行機の翼部分が水平になるように、竹ひごを通してストローとセロハンテープを使って固定した。何もしなければ図のように前後のバランスが取れ、水平を保てる。この状態で飛行機後方の羽の端を曲げ、正面から強さの違う風を当てて、飛行姿勢が前後にどう傾くのかを確かめた。後方の羽を曲げる角度は上下にそれぞれ10度と30度、全く曲げない場合と比較してみた。

● 実験6の結果

機体角度		風速 2	風速 4	風速 6	風速 8	風速 10
曲げ角度	上 30 度	7.5 度	30.0 度	35.0 度	42.5 度	45.0 度
	上 10 度	2.5 度	5.0 度	20.0 度	32.5 度	37.5 度
	0 度	0.0 度	0.0 度	0.0 度	0.0 度	0.0 度
	下 10 度	-15.0 度	-20.0 度	-22.5 度	-30.0 度	-37.5 度
	下 30 度	-17.5 度	-30.0 度	-35.0 度	-37.5 度	-40.0 度

羽の後方を少し曲げただけで、飛行姿勢は大きく変わることがわかった。曲げる角度が大きいほど、また風速が強まるほど、姿勢は大きく変化した。曲げた部分が正面からの風に押され、機首が持ち上がったたり下がったりする。上に曲げた時には機首が上がり、迎え角ができるため揚力が生まれ、機体はそのまま上昇する。まっすぐな翼ではほとんど揚力がないT字型へそ紙飛行機でも、翼の後方を曲げることで揚力が作り出せるわけだ。

しかし揚力が増すと空気抵抗も増すので、調整は難しい。揚力が機体にバランスよく作用することが大切だと思った。機体前方より後方に大きな揚力が働いてしまうと、機首が下がって飛ばない飛行機になるのではないかな。実験5で確認したV字溝に発生する揚力は、機体に対し

どんなバランスで作用しているのか、調べたいと思った。

実験 7 ～ 8 の方法と結果

● 実験7～8の目的と方法

実験7では機体にかかる揚力のバランスを調べるため、水平状態にしたV字の胴体部分を5分割して、各パーツごとに実験6同様に揚力を測定した。それぞれの重さも量り、パーツごとの揚力と重力の差（実効揚力値）を算出、比較した。さらに機体の重心を境に前後2分割して、同じように揚力と重さを調べた。前後の実効揚力値を算出して、バランスを確かめた。いずれもV字溝の角度は、自然体の45度に設定した。

実験7のふたつの分割実験から、V字溝の揚力はやはり機体後方のほうが大きいという結果が出た。ここまでの研究と実験結果を信じれば、まっすぐな翼を持つごく普通のV字型は機首が下がりやすく、うまく飛ばない駄目なバランスの紙飛行機ということになる。しかしまっすぐな翼のV字型へそ紙飛行機が、飛行の途中で機首を上げる動きを見せることは珍しくない。V字型へそ紙飛行機の機体には、機首を持ち上げる秘密の力が別にあるのかもしれない。改めてまっすぐな翼を持つV字型へそ紙飛行機を作り、実験5でT字型を試したのと同じ方法で、飛行姿勢と軌跡を撮影して解析を行った（実験8）。

● 実験8の結果

V字型へそ紙飛行機は翼を調整しなくても、明らかに機首を上げる動きを見せた。やはり、V字型の別の力を見落としている可能性が高そうだ。飛行時の連続写真を拡大してみると、飛行中に「へそ」の部分がゆるんで下がっていることに気がついた。飛ばず時には気づかなかったから、飛行中にだけゆるむのかもしれない。

V字型へそ飛行機の下がったへそを観察すると、機体前方の揚力を増大させるふたつの可能性があることに気がついた。ひとつは、前方にある折り返し部分が本体より少し下がることで、前方の迎え角の角度が増し、後方より大きな揚力を得ること。もうひとつは、前方にある翼の折り返し部分も一緒に下がることで角度が増し、やはり後方より大きな揚力を得ることだった。

実験 9 の方法と結果

● 実験9の目的と方法

実験8から得た「へそ下垂による機体前方の揚力増大」の予想が、本当に正しいのか。今度はV字型へそ紙飛行機を前、中、後に3分割し、それぞれのパーツごとに揚

力、重さを調べて実効揚力値を算出した。V字溝の角度は実験7と同じように、自然体の45度にする。その結果が下記のとおりだ。

揚力		風速				
		1.9m/s	2.8m/s	3.6m/s	4.3m/s	5.2m/s
機体部位	前 1/3	0.23g	0.31g	0.52g	0.63g	0.79g
	中 1/3	0.29g	0.66g	1.52g	2.67g	3.79g
	後 1/3	0.22g	0.25g	0.43g	0.56g	0.72g

実効揚力		風速				
		1.9m/s	2.8m/s	3.6m/s	4.3m/s	5.2m/s
機体部位	前 1/3	-0.77	-0.69	-0.49	-0.37	-0.21
	中 1/3	-2.13	-1.76	-0.9	0.23	1.37
	後 1/3	-0.78	-0.75	-0.57	-0.44	-0.28

へそ下垂紙飛行機の実効揚力は中心部が大きく、前と後はマイナスだった。しかし前後のバランスは、前のほうが少しだけ大きい。最初は前の揚力が予想したほど大きくなかったが、揚力バランスが少しだけ前にあるのが最高なのだったと思った。

自然体のへそ紙飛行機は羽を曲げて調整しなくても、V字溝とへそ下垂によって、非常にバランスよく仕上がっている。大きな揚力を持つ機体ほど、そのバランスは繊細であるはずだ。V字溝とへそ下垂の両方を備えた「VH型」（自然体V字型へそ紙飛行機）、V字溝だけがありへそ下垂のない「VS型」、V字溝がなくへそ下垂がある「TH型」、V字溝もへそ下垂もない「TS型」の紙飛行機を作り、前方に飛ばして飛行速度と軌跡を確かめた。自然飛行の形に近づけるため、V字溝があるものは45度、へそ下垂があるものは10mmの下垂に設定した。

これまでの実験結果から、4つの型は下記のような特徴があるはずで、へそ下垂がないVS型はV字溝の影響で揚力バランスが後優位となり、機首が下がりやすく最も飛ばないはずだ。TH型は揚力は小さいが前後のバランスがよく、速く安定して飛ぶだろうと予想した。

型	空気抵抗	揚力	揚力のバランス	迎え角（常時）
VH型	◎◎◎◎	◎◎◎◎	前＞後	有
VS型	◎◎◎	◎◎◎	前＜後	無
TH型	◎◎	◎◎	前＞後	有
TS型	◎	◎	0：0	無

実際に飛ば

した結果が右

図の軌道で、

飛行速度はTS

型＞TH型＞

VS型＞VH型

だ。予想どおり、揚力バランスの重要性を確認できた。この時、VH型が失速して落下しながら徐々に機首を上げ、水平飛行まで持ち直すのを見て、機体を垂直に自然落下させればその性能がより明らかになるのではと思った。そこで、4つの型の紙飛行機を200cmの高さから、地面に垂直な状態で自然落下させ、その様子をスロー撮影して機体の姿勢や軌道を確認した。

● 実験9の結果

自然落下の結果、TS型は真下に落下し、揚力がない

ことを証明した。VH型は水平飛行の失速後に近い軌道となり、TH型はTS型とVH型の中間を通る軌道だった。VS型は自然落下でもへそ側に軌道が曲がり、V字溝の揚力や空気抵抗が後方優位であることが証明された。自然落下の軌道は機体を下へ引っ張る重力の影響を受けず、各型紙飛行機の特徴をより明確に表していた。

結論

へそ紙飛行機の飛行姿勢を制御するのは、揚力バランスだった。飛行機のV字溝に揚力が働いていたが、機体の後方優位で機首を上げる力にはならない。しかし折り返し（へそ）部分が下垂することで機体前方の揚力が増し、絶妙な揚力バランスとなった。へそ紙飛行機の安定飛行には揚力の大きさより、前後のバランスが重要だ。

指導について

これまでの自由研究で、コマの空気抵抗と回転時間の関係や竹とんぼの最適な羽の角度の研究を行ってきたことで、昔ながらの遊びの中にある物体の運動のメカニズムへの興味が深まりました。今回は小さい時からよく遊んだ「へそ紙飛行機」がゆったりと長く飛ぶ理由を解明したいという思いで研究を行いました。当初は揚力の大きさに注目していましたが、揚力ゼロの紙飛行機が安定して飛行することや、紙飛行機が失速するメカニズムが分かったことで、機体に働く揚力の前後バランスの重要性に気づきました。へそ紙飛行機の「V字の溝」「へそ下垂」という紙飛行機ならではの《ゆるみ》が、絶妙なバランスの揚力を生み出していることが分かりました。次々と生じる疑問を解決するために試行錯誤を繰り返し、一生懸命に研究に取り組む様子に感心させられました。また、結果として得られた発見の喜びを糧として、今後さらに探究心が広がっていくことを期待します。

中浜 亨

審査評

文部科学大臣賞受賞おめでとうございます。「竹とんぼの羽の揚力と空気抵抗の研究」からはじまり、竹とんぼを紙飛行機に替えての研究です。紙飛行機は昔から日本では伝承遊び的に広まっている遊びですが、ゆったりと青空を飛ぶへそ紙飛行機の姿は魅力的です。中浜さんも祖父から父へ、そして父から伝えられ、そのゆったりとよく飛ぶ魅力的な姿を見事に科学的な視点で解明しています。へそ紙飛行機の翼に揚力、重力、さらに空気抵抗と回転力を自作の装置で測定しながらの飛行姿勢や軌跡の比較分析は素晴らしいです。コロナ感染症の広がりの中、自宅で実験装置を自作し、ち密に計測している姿には頭が下がりました。その努力は、サーキュレーターの風が安定的に均一的に吹くように設定するにとどまらず、仮説の設定も竹とんぼの研究の経験を踏まえて着実に実施しています。へそ紙飛行機T字型とV字型の比較による溝への揚力の働き、揚力バランスなど1枚の紙から生み出される飛行軌跡と緩みの関係など、紙飛行機の魅力を十分に伝える素晴らしい考察力に基づく論文です。

審査員 小澤紀美子

キバネツノトンボの研究 3rd season ー羽化についてー

茨城県小美玉市立小川南中学校 1年 内山旬人

研究の動機

キバネツノトンボは全国的には珍しい昆虫で、15都府県でレッドリスト（絶滅危惧種）に記載されている。小美玉市には場所によって豊かに生息し、入会している「小美玉生物の会」の調査会で毎年生存が確認され、観察されている。小学校5年になる春（2020年3月）、調査会の昆虫班メンバーを中心にキバネツノトンボの繭探しをする機会があった。その際、この昆虫の基礎的な生態や生活史がほとんど明らかになっていないことを知り、とても興味深く思った。生態がわからないなら自分で明らかにしてみようと考えて、この年からキバネツノトンボを研究対象にした。今回は3年目の研究になる。

キバネツノトンボは、アミメカゲロウ目ウスバカゲロウ科ツノトンボ亜科の昆虫だ。トンボではなく、ウスバカゲロウ（アリジゴク）などの仲間。カゲロウ目とも別の昆虫で、不完全変態のトンボやカゲロウと違い、蛹を経て完全変態で成虫になる。体長22～25mmでメスのほうが大きめ。

分布域は多くの文献で本州、九州とされているが、調べてみたところ九州には記録そのものが無いらしいことがわかった。茨城県でも生息地は局所的で、どこでも見られる昆虫ではない。絶滅が危惧される昆虫の生態を明らかにすることで、キバネツノトンボにとってどんな環境が必要か、考えていきたい。

2020～2021年の研究成果

●生息期間

成虫が出現するのは4月下旬ごろで、6月下旬ごろまで生息する。オスの成虫が少し早めに出現、寿命はオスが1か月、メスが1か月半～2か月ほどだ。

●生活・活動

春、成虫たちは、メリケンカルカヤが一面に立ち枯れた草原を好む。草地だけではだめで周囲に林、水場がある環境を求める。多数が盛んに飛び交うのは求愛期で、

オスは低い高度で飛び、飛び立つメスを探索する。飛翔能力は高く、植物の細い茎などに横から掴まって留まる。飛ぶか掴むかの生活で、平面を歩くことはなさそうだ。明るい日中以外は飛ばず、活発な活動時間は短い。肉食で、飛んでいる他の小虫を空中で捕らえ、飛びながら食べる。獲物を脚で持ち、回して丸める様子が見られる。

●交尾と産卵

ペア成立は必ず空中でオスがメスに飛びかかって合体し、ともに地上の草などに下りて掴まり静止する。静止時間は3～5分ほど。オスが姿を消すのとはほぼ同時期にメスの産卵が始まる。立ち枯れた細い草の、人間のひざから80cmくらいの高さに、卵を塊で産むことが多い。1mmほどの俵形の卵を50～70個、2列に産みつけていく。

●孵化と初齢幼虫

産卵から孵化までは2～4週間、温度の高い環境ほど孵化が早まる。卵は孵化が近づくとき黒っぽくなり、孵化の1～2日前には凹みができる。孵化するのは基本的に日中、2列の卵塊の外側へ蓋が開くように卵殻が切れ、幼虫が出てくる。殻から出た幼虫たちは茎の上へと移動し、地面のほうを向いて密集する。そこから孵化後1～3日の間に、生活の場である地面へ落ちる。体の準備が整うと、軽い刺激で少しでも遠くへ散らばるように落ちていく。

羽化発見への挑戦

地面に散らばった幼虫たちがどこで育ち、蛹化、羽化して成虫になるのか、解明することは研究当初からの大きな目標だった。しかし初年度は幼虫や繭、羽化のシーンを一度も見つけられなかった。近縁種オオツノトンボの幼虫の目撃例から、幼虫は隣接する林へ移動して、落ち葉や枝が堆積した層で育つのではないかと考えた。

2年目は林縁を中心に個体を探したが、やはり羽化するところを見ることはなかった。ただこの年の成虫活動シーズンの後、キバネツノトンボの羽化を見た方々から、羽化は午前8～9時、草原の中心に生える草本の低い位置で見つかりやすい、と情報をいただいた。

3年目はこの情報をもとに、2022年の4月下旬～5月上旬まで羽化中の個体を見つけることに挑戦した。キバネツノトンボがウスバカゲロウと似た生態を持つとすると、羽化中や羽化直後の個体を発見できれば、そのすぐ近くに出てきたばかりの繭を見つけることができるかもしれない。機会があれば探してみたいと思った。

発見時の状況

●羽化の途中、羽化直後の個体の発見

情報をもとに探した結果、まだ翅を伸ばす前の個体を計3匹、発見することができた。状況は以下のとおりだ。

1匹目♂	4月24日7時42分	晴れ 気温19～20℃
天候	風はあったが気温や湿度は高く暖かい朝。昼前から雲が出て昼にはくもり、15時ごろから雨。	
状況	6時30分ごろから探し始め、ようやく見つけたのがこの個体。すぐ近くで伸び切ったばかりの真っ白な翅の個体も発見した。2個体はほぼ同じ時間に羽化したと思われる。8時ごろがこの日の羽化の標準時だったと考えられる。	
2匹目♂	4月29日10時24分	くもり 気温16～17℃
天候	朝からくもりで正午に近づくほど暗くなった。肌寒い。昼過ぎから雨がバラバラ降り始め、14時ごろから本降りになった。	
状況	8時から探し始めたが、飛んでいる個体は1匹しか見かけなかった。あきらめかけたころ、羽化したばかりのメスを発見。直後にそのすぐ近くで羽を伸ばす前のオスを見つけた。この2匹も同じ時間帯に羽化したようだ。さらに1m以内に羽化1日以内だと思われる羽化不全個体（飛ばずにその場に留まっている個体）もいた。	
3匹目♀	5月1日10時09分	くもり 気温15～16℃
天候	朝から重たい雲に覆われ昼には霧雨、15時過ぎから本降りの雨。	
状況	10時から探索開始。4月29日に発見した羽化不全個体の様子を見に行った。するとそこで真っ白な翅の羽化したばかりのメスを見つけた。直後にそのすぐ近くで、まだ翅を伸ばす前のメスを発見した。その後、少し離れた場所でもう1匹オスの羽化不全個体を発見、午後には草の株元で2齢幼虫まで発見、この近くの地面では、かなりの密度で幼虫たちが生活していたと思われる。	

羽化直後の個体は、この他にも数多く発見した。

翅を伸ばす前だった2匹目と3匹目の羽化を観察したところ、場所を決め定位した状態をスタートとし、翅や触覚を完全に伸ばし切るまで、2匹とも24分ほどだった。さらに上体を起こし翅を返して畳むまでそれぞれ45分、32分ほど。翅が色づき固まって飛べるようになるまでは、2匹とも1～2時間かかっているように見えた。

●羽化殻、繭殻（蛹から成虫への脱皮殻）の発見

4月24日～5月4日に10個の羽化殻と、10個の繭殻も発見した。羽化シーズンが終わった6月10日、繭殻のひとつを切り開いて、内側の内容物を実体顕微鏡で観察した。内部は絹のような糸で綴られた滑らかな壁で覆われ、脱皮殻が1体だけ入っていた。脱皮殻には大あごや集眼の特徴をはっきりと残していた。



羽化するキバネツボトンボ

研究の考察

観察した羽化の時間帯は晴れた日で午前8時前後、くもりの日で午前10時前後だった。成虫のおもな移動手段が飛ぶことで、明るい日中が活動時間というこの虫にとって、晴れた日の午前7時30分～8時30分に羽化し、明るいうちに飛べるようになるのが、最適な条件なので

はないか。蛹化や羽化に適した場所は、草原の真ん中で開けて日当たりのよい場所だと思う。今シーズンは羽化不全個体を数多く見たが、背の低い不安定な草で定位し、翅や触覚が草や地面に触れたことが原因のようだ。細く硬さのあるメリケンカルカヤの立ち枯れの草原は、交尾や産卵だけでなく、羽化にも最適な環境なのだろう。

羽化殻や繭殻の観察からわかったのは、羽化の際、蛹から成虫となるための脱皮が繭の中ではなく、外で行われていること。繭を作る昆虫の多くは、繭の中で幼虫から蛹に、蛹から成虫に脱皮して外へ出る。繭殻の中に幼虫の脱皮殻しかなく、羽化殻が脱出口に刺さったり、外に散らばったりしているキバネツノトンボは、蛹のまま繭に穴を開け（羽化前の動ける蛹をファレート成虫という）、体が外へ出てから脱皮していると推察できた。

指導について

今季は、昨年度レポートの中で今後の課題の筆頭に上げた、自然の中での羽化シーンの発見が、3年目にして叶いました。素朴な「観察」がベースであることに変わりはないですが、これまでの研究活動の中で見てきたこと、考えてきたこと、教わってきたこと、経験のすべてが組み合わさって前進してきたその先にて、ようやく辿りつけたものです。

彼は、この昆虫の観察では、(質はともかく、数や時間といった)量ならきっと誰にも負けないと思います。今では、飛んでいる様子を見るだけで、オスがメスか、何をしているところか、羽化からどのくらいか、など、概ねわかるようです。間違いや失敗も含めた経験が、何ひとつ無駄にならず、新しい発見に繋がってきているのだろうと思っています。

この昆虫の羽化に関する詳細なレポートは、おそらく国内初かと思います。ワクワクする様々なシーンに立ち会わせてもらってきていることに、とても感謝しています。 内山えりか

審査評

2020年、内山君が小学5年生の時に始めたキバネツノトンボの研究で、成虫の出現期、好適な生息環境、飛翔力と活発な時間帯、捕食行動、交尾行動、メスの産卵習性、幼虫の孵化とその後の行動など多くの観察例を積み重ねてきた。しかし、その生活史をすべて明らかにする上で重要な羽化の様子は観察できていない。そこで3年目の今シーズンは「羽化」にテーマを絞って観察したのがこの研究である。過去の経験から羽化の時期や場所を推測して探した結果3例の羽化とその後翅が伸びるまでの行動の観察に成功し、更にその周辺で羽化殻や繭も発見した。今シーズンも様々な新発見があり、キバネツノトンボ生活史の全容解明にまた一歩前進できた。

キバネツノトンボは全国的に見ても生息地が非常に限られており、どこにでもいる昆虫ではない。そのため、その生態については未解明な事柄が多く残されている。内山君の住む小美玉市には本種の生息地が点在し、個体数も比較的多い。そのような地の利を十分に生かして本種の全生活史の解明に迫りつつある。この論文の内容を高く評価するとともに、今後の更なる発展に期待したい。 審査員 友国雅章

朝顔の研究パート9

～新しい朝顔の誕生まで③～

熊本県山鹿市立鹿北中学校 3年 中島とあ

研究の目的

研究を始め9年目、新しい朝顔を誕生させるため、2020年から交配実験を始めた。2年目の2021年は、前年に交配させて実った種子を蒔いてみた。親株からどんな朝顔が誕生するのか、子世代を調べ研究した。3年目の今回は、孫世代にどんな変異があるかを調べてみる。

研究の方法

2021年に育てた交配種の種子（子世代）から、変異が起こりそうなものを選び、孫世代を育てて現れる変異を確かめた。2021年に育てた朝顔No.18は、出物朝顔（突然変異によって色や形が変化した朝顔のなかでも、種が採れないほど激しく変化したもの）だった。No.18の兄弟株から、同じ出物朝顔が誕生するかどうかを観察する。親世代、子世代の特徴から、孫世代にどんな朝顔が誕生するかを調べ、最後に「青桔梗渦葉濃紫桔梗咲小輪」「黄並葉紺覆輪丸咲」など、ひとつひとつの朝顔にその特徴を網羅した名をつけた。

その他、青、紅紫、紫、紅の基本となる4色の種子を

●親世代を交配させて育てた子世代の種から孫世代がどう育つかの研究

親世代（2020年）			子世代（2021年）				孫世代の育ち方の予想 (2022年)	
種子番号	めしべ	おしべ	朝顔 No.	葉	花			
					色	模様	形	
4	覆輪（青）	絞り咲	1	並葉	濃青	抜紋	丸	子世代ですべて丸咲が咲き、絞り咲は咲かなかった。 孫世代では隠されていた絞り咲が現れる。 また、覆輪や抜紋の模様が現れる。
	覆輪（青）	絞り咲	2	並葉	濃青	抜紋	丸	
8	青	桔梗咲	15	並葉	青	抜紋	丸	No.18のような星型で青色の朝顔が誕生する。 抜紋の模様の朝顔と、模様なしの朝顔が咲く。 子世代はすべて丸咲だったため、孫世代では隠されていた桔梗咲が現れる。
	青	桔梗咲	16	並葉	青		丸	
	青	桔梗咲	17	並葉	青		丸	
	青	桔梗咲	19	並葉	青		丸	
	青	桔梗咲	20	並葉	青		丸	
29	青	絞り咲	60	並葉	濃青		丸	縞模様の有無はそのまま孫世代に現れる。 縞模様なしの子世代の孫世代は、縞模様なし。 縞模様ありの子世代の孫世代は、縞模様あり。
	青	絞り咲	61	並葉	青	縞	丸	
	青	絞り咲	62	並葉	青	縞	丸	
38	青	紅紫	127	並葉	濃青		丸	メンデルの法則どおりに花色が誕生する。 親世代より、子世代の花色遺伝子は MmPP、または MmPp。 自家受粉して誕生する孫世代は、MmPPの場合は青：紅紫＝3：1。MmPpの場合は青：紅紫：紫：紅＝9：3：3：1。
	青	紅紫	128	並葉	濃青		丸	
	青	紅紫	129	並葉	濃青		丸	
52	桔梗咲	絞り咲	151	桔梗渦	紫	覆輪	桔梗	子世代で桔梗咲が咲いていたことより、絞り咲は劣性遺伝と考えた。 孫世代では、隠されていた絞り咲の遺伝子が現れる。 桔梗咲の朝顔が咲く。抜紋の模様が現れる。
	桔梗咲	絞り咲	152	桔梗渦	紫	覆輪	桔梗	
	桔梗咲	絞り咲	153	桔梗渦	紫	覆輪	桔梗	
	桔梗咲	絞り咲	154	並葉	濃青	抜紋	丸	

*覆輪（花の外周部が白い帯状）、絞り咲（花に絞り模様が入る）、桔梗咲（桔梗のようにすばんで開花する、内側にもう一回り花びらがある八重のようなものもある）、桔梗渦（葉が太く巻きつきは弱く葉は肥厚している）、抜紋（濃色の花弁の曜と曜の間に丸く淡く色抜ける模様）、縞（花の色地に白や淡色の縞が放射状に入っている模様）

採取するため、花色の遺伝子を調べた。同じ紅紫色の親から咲いた朝顔No.174（紅紫）とNo.175（濃青）を育てて孫世代の花色を確認し、親や子世代がどの花色の遺伝子を受粉した可能性があるかを予想した。

また、自然交配した朝顔の、子世代の子葉も観察した。

研究の結果

●親の種子番号4

子世代朝顔No.1の孫世代は、5株を観察したが、桔梗咲が咲いたことから虫による自然交配の可能性がある。子世代朝顔No.2の孫世代も5株を観察し、予想どおりすべて丸咲が咲いた。孫の葉に子と同様の性質が現れ、花色に濃淡が現れた。抜紋の模様が現れたのは1株だった。親と同じ覆輪の模様が3株に現れ、模様なしが1株だった。絞り咲の性質は現れなかった。

●親の種子番号8

子世代朝顔No.15～17、19～20の孫世代すべての株に、No.18と同じ出物朝顔は誕生しなかった。すべての株に、桔梗咲が咲くこともなかった。また、いずれも野生型に戻った朝顔があり、花



星型青色の No.18 の出物朝顔

色に濃淡が現れた（おもに青の濃淡）。

その他、子世代朝顔No.15（模様あり）の孫世代20株のうち、模様が現れたのは3株だった。子世代朝顔No.16～17、No.19～20にはすべて模様がなかったが、朝顔No.16の孫世代20株では6株に模様が現れた。朝顔No.17の孫世代13株では1株に、朝顔No.19の孫世代20株では7株に模様が現れた。朝顔No.20の孫世代20株では8株に模様が現れた。8株のうち1株の曜白（花の曜の部分がない）の模様の出方は、初めて見るものだった。



初めて見た曜白の模様

●親の種子番号29

子世代朝顔No.60（模様なし）の孫世代5株のうち、1株に覆輪系統の模様が現れた。子世代朝顔No.61は縞模様がかったが、孫世代5株のうち模様なしの朝顔が2株あった。親の多様咲の性質が現れた朝顔が2株、州浜（基本5本の曜の数で6～9本に増える）の朝顔が3株あった。子の遺伝子に絞り咲の遺伝子が隠れていたためだと考えられる。子世代朝顔No.62（縞模様あり）の孫世代5株には、模様なしの朝顔が2株あった。花色は青と藤が咲いた。親の絞り咲の葉の性質と同じ、斑入りの州浜が現れた朝顔が2株あった。子の遺伝子に絞り咲の遺伝子が隠れていたためだと考えられる。また、藤の花色が現れたことは、子の花色遺伝子に劣性遺伝子が含まれていたと考えられる。

●親の種子番号38

子世代朝顔No.127の孫世代10株では、青（紺、濃青、青紫）が9株、藤が1株咲いた。紫系統の藤が咲いているので、子世代の花色遺伝子はMmPp。子世代朝顔No.128の孫世代10株では、青（紺、濃青）が7株、藤が3株咲いた。紫系統の藤が咲いているので、子世代の花色遺伝子はMmPpだ。子世代朝顔No.129の孫世代10株では、青（紺、濃青、青紫）が8株、藤が1株、濃紫が1株咲いた。これも紫系統の藤が咲いているので、子世代の花色遺伝子はMmPpだった。

●親の種子番号52

子世代朝顔No.151の孫世代5株の花の形は桔梗咲3株（1株は途中から竜胆咲）、丸咲1株だった。花の模様では絞り咲が2株現れた。絞り咲2株のうち1株は多様咲だ。子世代朝顔No.152の孫世代5株では、桔梗咲3株、丸咲2株だった。子世代朝顔No.153の孫世代5株では、桔梗咲4株、丸咲1株。葉が野生型に戻った朝顔が1株あった。子世代朝顔No.154の孫世代5株では、桔梗咲1株、丸咲4株で、子にはなかった桔梗咲が孫に現れた。抜紋の模様は1株に現れた。No.152～154の孫世代には、絞り咲の性質が現れた朝顔はなかった。

●すべての結果

葉の遺伝でおもにわかったことは次のとおり。

「青色から青、黄、萌黄の葉が誕生する」「親や子の葉に模様がない場合は孫も模様なし、親の葉に模様がある場合、孫に模様が現れることもある」「並葉からさまざまな形の葉が誕生する。同じ花色でも葉形は異なる」

花の遺伝でおもにわかったことは次のとおり。

「メンデルの法則どおりに花色が現れる。ほとんどが青色、孫世代の花色には濃淡の変異が現れる」「模様の有無にかかわらず、模様が現れたり現れなかったりする。丸咲と絞り咲を交配すると、子よりも孫に絞り咲の模様が多く現れる。複数の模様が同じ遺伝子から出現する」

形の遺伝でおもにわかったことは次のとおり。

「丸咲同士を交配すると子も孫も丸咲」「丸咲と桔梗咲を交配すると子は丸咲と星咲（出物）、孫はすべて丸咲」「丸咲と絞り咲を交配すると子は丸咲、孫は丸咲と絞り咲」「桔梗咲と絞り咲を交配すると子は桔梗咲と丸咲、孫は桔梗咲、丸咲、絞り咲が誕生している」

指導について

小学1年のときに授業で育てた朝顔を自由研究にまとめ出したところ、担任の先生と理科の先生に褒められたことがきっかけで、娘の朝顔研究がスタートしました。研究を続ける中で、理科の授業で学んだことが朝顔ではどうなのかという考えをもとに毎年研究に取り組んでいたところ、変化朝顔の本に出会いました。中学3年間は、変化朝顔を誕生させることを目標に交配実験をし、毎年約200株の朝顔の観察を続けてきました。1人で全ての朝顔を観察するのは困難で、家族全員で朝顔の世話をおこないました。思うように結果が出ないこともありましたが、娘の疑問に思うことをとことん追求し研究した9年間でした。このような素晴らしい賞をいただきましたこと、家族一同感謝いたします。理科の先生をはじめ、娘へ激励の言葉やお褒めの言葉をくださったみなさま、この場をお借りしまして感謝を申し上げます。ありがとうございました。

中島さほり

審査評

本研究は、小学校1年生から始めた9年間にわたるものです。朝顔の交配実験を行い様々な形の朝顔を誕生させる研究を進めてきました。交配によって新たにできた種子をまき、子の世代にはどのような模様や形の朝顔が誕生するのか。またその孫の世代にはどのような変異が見られるかなど、粘り強く、いねいに観察・研究を行ってきました。結果の分類や分析の方法や写真を使っの説明、葉や花の様子などとてもわかりやすくまとめてあります。

葉や花の色や模様・形など、とてもいねいに観察しています。親の代の花の模様や形が子の代に現れることがなく、孫の代の方によく見られるなど多くの気づきがありました。

観察から得られた多くの結果からも、継続して取り組んできた様子をうかがうことができ評価につながりました。

次年度の新たな課題と目標もすでに考えており、今後は事前に予想した朝顔を誕生させることができるよう、研究をさらに発展させ取り組んでくださることを期待します。

審査員 田中史人

テナガカクレエビ鰓部寄生個体の正体に迫る!! ～日本初報告か？新種発見か!?～

鹿児島県鹿児島市立坂元中学校 2年 二石寛士

研究の動機

エビヤドリムシ類の研究を始めて3年目になる。小学6年生の時、潮だまりで採集した小さなエビ（スジエビモドキ）に奇妙なコブがあるのを偶然発見した。コブの正体を突き止めようと調べるうち、エビ類に寄生するエビヤドリムシの仲間であることがわかった。予想外の正体にとっても興奮し、研究者が少なく情報も限られるこの寄生生物の研究を、手探りで続けている。

1～2年目の研究ではスジエビモドキやイソスジエビを採集し、鰓部寄生性のエビヤドリムシと、腹部寄生性のイソスジエビノハラヤドリの標本を作って、顕微鏡で詳しく観察した。すると、このふたつの寄生生物は共通点を持ちながら、形状が大きく異なっていた。

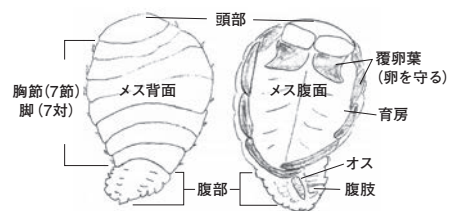
今回の研究では、標本の中に紛れ込んでいたテナガカクレエビの鰓部寄生個体について、新たに調べた。ヤドリムシの研究者、齋藤暢宏氏がまとめた「日本産ヤドリムシの宿主リスト」で確かめると、宿主としてテナガカクレエビの記載がないことに気づいた。テナガカクレエビが宿主となることが日本初報告なら、自分が報告したい。それどころか、発見したのは新種のエビヤドリムシなのかもしれないと、わくわくしながら研究を進めた。

宿主と寄生生物について

●採集場所と宿主

鹿児島県いちき串木野市羽島の海岸で、潮だまりにいるエビを無作為にすくってエビを採集した。エビが寄生

●エビヤドリムシ科寄生生物の体のつくり



エビヤドリムシ科のおおまかな特徴は、腹肢が5対あること。尾肢は1つ、または6対。覆卵葉は5対。腹部は基本的には6対に分かれているが、いくつかの節が融合している種もある。

●スジエビモドキに寄生したエビヤドリムシ



メスの体は左右非対称で、宿主のどちら側に寄生するかでゆがみが異なる。背面を宿主の鰓部、腹面を鰓に接する。育房の周りを覆う覆卵葉があり、育房の中に卵が詰まっている。メスの体は平坦、オスはメスの腹部に腹部を接している。

●イソスジエビに寄生したイソスジエビノハラヤドリ



メスの体は卵のうを含めると俵のような形。胸節は左右非対称で片側の脚は先端がにじむように消失している。もう片方の脚は発達している。腹肢が大きく花びら状になっている。



イソスジエビ
体長は最大 7cm
腹部に太い筋が複数ある
尾に黄色と黒の模様
写真は腹部寄生の個体



スジエビモドキ
体長は最大 4cm
腹部に特徴的な筋が1本ある
写真は鰓部寄生の個体



テナガカクレエビ
体長 2～3cm 程度
体には筋はなく透明
第2歩脚が長く発達

されているかどうかを確認した後、寄生されていないエビはリリースした。同じ海で採集したにもかかわらず、1年目はスジエビモドキ、2～3年目はイソスジエビがほとんどだった。これまでに採集した3種類の宿主（コエビ類）の特徴は、上の写真のとおりだ。

日本で確認されているヤドリムシの宿主は120種ほどいる。そのうちコエビ類は33種類で、イソスジエビやスジエビモドキは、この33種に含まれている。

●エビヤドリムシ科の寄生生物

コエビに寄生するエビヤドリムシとイソスジエビノハラヤドリは、ヤドリムシ亜目エビヤドリムシ科の寄生生物だ。ヤドリムシ亜目の生き物はエビ類、カニ類、ヤドリ類、貝形虫など甲殻類の鰓腔や体腔、腹部腹面、背面などに寄生する。エビヤドリムシ科の種は宿主の寄生部を著しく腫れ上がらせる特徴がある。

ヤドリムシは世界で600種ほど報告されていて、日本産のヤドリムシは110種ほどだ。110種のうちエビヤドリムシ科に属するのは86種、その中にエビヤドリムシとイソスジエビノハラヤドリも含まれている。

エビヤドリムシとイソスジエビノハラヤドリの特徴は下の図や写真のとおり。

これまでの研究で採集したエビヤドリムシ科の寄生生物は、合計26個体になった。このうちスジエビモド

キに寄生していたのは8個体、すべて鰓部に寄生するエビヤドリムシだった。イソスジエビに寄生していたのは13個体、すべて腹部に寄生するイソスジエビノハラヤドリだった。テナガカクレエビに寄生していたのはすべて鰓部に寄生していた5個体だが、この5個体がどんな種類なのか。スジエビモドキに寄生していたエビヤドリムシと同種なのか、テナガカクレエビを宿主とする別種のエビヤドリムシ類なのか、徹底検証した。

検証の内容

●検証の方法と結果

スジエビモドキに寄生していたエビヤドリムシ3個体の標本と、テナガカクレエビに寄生していた3個体の標本を、LED付電子顕微鏡や双眼実体顕微鏡、スマートフォンなどを使って観察し、比較した。標本は約80%のアルコールに宿主ごと固定して作った。

検証の結果が、下の表だ。

	④スジエビモドキ鰓部寄生個体	⑤テナガカクレエビ鰓部寄生個体
背面全体	⑥に比べ体が縦に長い。背面から目が確認できる。	④に比べ丸みがある。背面から目が確認できない。
頭部背面	頭部は角ばっている。第一胸節と頭部が融合しているように見える。	頭部は丸い形状。第一胸節と頭部には区切りがあるように見える。
腹面全体	覆卵葉が黒い。	覆卵葉の根元は黒く上部は透明。
覆卵葉	シャツのえりのような形で、先端がカギ状に曲がる。	丸みを帯びていて透明。
腹肢	ひとつひとつの腹肢が角ばった形状をしている。 腹肢同士の間隔が狭く、すき間がつまっている。	やや丸みを帯び、④に比べると根元の部分にすき間がある。 腹肢同士の間隔が広く、より丸みを帯びている。
腹部	5つの腹節の中央にオスがすっぽり収まっている。 厚く大きい腹節 オス	腹部の全体像をはっきり確認できなかった。 腹節にオスが収まっていない。 薄く小さい腹節
オス背面	ずんどうな体形。腹部は大きく、先端に向けゆるやかに細くなる。	④に比べ細長い体形。腹部は胸部より細く、先端に向けより細くなる。
オス腹面	脚は短く胸部の中心にたたまれる。腹部の腹筋は融合して存在しない。	脚は胸部と同じ幅にたたまれ、④より長く見える。腹部の腹筋はない。

研究の考察と結論

検証前は、スジエビモドキの鰓部寄生個体とテナガカクレエビの鰓部寄生個体は宿主が同じ潮だまりから採集されたことと、同じ鰓部寄生であることから、同種である可能性が高いと予想していた。しかし検証の結果、メスの全体的な形状や頭部の形状、覆卵葉の形状と色、腹肢の形状、オスの形状などに顕著な違いが見られた。これだけの相違点が明らかになったことから、それぞれの個体が異なる種であることは明らかだ。

宿主が日本初報告であるのか、寄生個体が新種であるのかは今回の研究では断定できない。今後さらに研究を進め、検証の精度を高めて、いつか「日本初報告」、または「新種の報告」を実現させたいと思う。

指導について

手探りで始めたエビヤドリムシの研究ですが、3年目に入った今回は明確な目的がありました。『日本産ヤドリムシ（甲殻綱・フクロエビ上目・等脚目）の宿主リスト』（齋藤暢宏）に宿主として記載のない「テナガカクレエビ」の鰓部寄生個体の正体を調べることです。①これまでに報告されているエビヤドリムシ類のいずれかと同じ特徴をそなえているのか。②あるいはテナガカクレエビを宿主とする新たなエビヤドリムシ類の発見となるのか。どちらにしても、とても興味深い結果になることを意味していました。研究では、宿主テナガカクレエビから分離したエビヤドリムシの各部位の形や色・大きさなどを細部にわたって調べ、エビヤドリムシ科エビヤドリムシとの比較検証を行いました。今後は専門家のアドバイスをいただきながら、より整った環境で検証を重ねていく必要があると感じています。未報告の種がまだまだ多いとされるこの分野ですから、大いに期待したいです。

二石美和子

審査評

潮だまりのエビに奇妙なこぶがあることに興味を持ったのが始まりで、そのこぶの正体であるエビヤドリムシ類の研究を始めて3年目。1年目と2年目の研究ではスジエビモドキとイソスジエビの鰓部寄生、腹部寄生を確認し研究を進めた結果、偶然テナガカクレエビを宿主とする鰓部寄生があることを発見しました。文献ではエビヤドリムシの宿主としてのテナガカクレエビの記載がないことから、今回はこのエビヤドリムシが新種であるのかという点に着目して比較観察を行いました。スジエビモドキとテナガカクレエビのそれぞれに寄生したエビヤドリムシの形態を、顕微鏡を用いて詳細に観察した結果、最終的にスジエビモドキに寄生したものとテナガカクレエビに寄生したものの間には相違点がいくつか見られ、これらは別種であると結論付けています。テナガカクレエビを宿主とするものが本当に新種であるかどうかの判断には更に専門分野の研究者の協力を仰ぐ必要があると思いますが、雌雄個体の大きさや形態の差異も興味深く、潮だまりという水界でのこの生物の生活史の解明にもつながる、大いに夢が膨らむ研究テーマだと思います。今後の展開に期待しています。

審査員 木部 剛

「IKASAMA」の科学

秋田県由利本荘市理科教育センター

大内中学校 3 年・伊藤舞来 本荘南中学校 3 年・新為優和
象潟中学校 2 年・荒木璃香 本荘東中学校 2 年・柴田祐夏 加藤凜莉也 熊谷愛心
鶴舞小学校 6 年・阿部心美 鶴舞小学校 5 年・渡部日和 新山小学校 4 年・加藤憧

研究の動機

時代劇に、サイコロを使った丁半賭博の場面が出てくることがある。時として眼光鋭い侍がそのサイコロを奪い刀で真っ二つにすると、中から鉛の玉が出てくることがある。「イカサマ」がバレて大騒ぎになる。

そこで疑問に思ったのは、サイコロにおもりを入れることで、本当に出てくる目を操作できるのか、ということだ。この研究では、サイコロにどんな細工をすれば「IKASAMA」が可能になるかを明らかにし、この世の闇に迫っていきたいと考えた。

研究の目的と方法

● 研究の目的

研究の目的は、次の3点だ。サイコロに仕組むおもりの位置や重さによって、目の出る割合がどのように変わるのかを明らかにする。目の出る割合が変わる理由を、力学的に考察する。研究の結果をもとに、自分たちの考える究極の「IKASAMAサイコロ」を作製する。

● 自作のサイコロを定義する

研究の前にいくつかの予備実験を行い、「共通実践事項」を決定した。まず、自作するサイコロの材料は特定メーカーの同じ紙粘土とし、形は正六面体、一辺の長さは2cm（±2mm）とする。仕組むおもりはすべて直径5mm、鉛球（密度11.35g/cm³、質量0.96g）、鉄球（密度7.87g/cm³、質量0.51g）、アルミニウム球（密度2.70g/cm³、質量0.18g）を使った。

● サイコロの振り方と回数

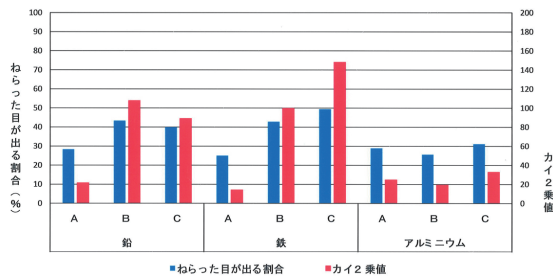
サイコロの振り方は、両手の中で3回以上サイコロを振り、高さ10cmから机上に向かってサイコロを転がす。サイコロを振る回数は180回とした。

● データ分析の方法

データ分析は、そのサイコロで「狙った目が出る割合」を調べることがまずひとつ。普通のサイコロを同じように振れば、ある目が出る割合は1/6で16.7%になるはずだ。イカサマで特定の目が出る割合が、16.7%より大きくなるのかを確かめる。

実験ではサイコロを180回振ることにしているが、当然そこにはばらつきが生まれる。そのばらつきが偶然起

● さまざまなおもりを仕組んだサイコロの目の出方



こり得るものなのか、偶然ではあり得ないものなのか、検定によって確かめる必要がある。今回は「カイ2乗検定」を行い、統計学的に確認することにした。

● カイ2乗検定の方法

① サイコロを180回振って、1～6の目が出る回数をそれぞれ調べる。

② ①の回数と期待値（180回÷6=30回）との差をそれぞれの目で求める。

③ ②で求めた差を基に、カイ2乗値を求める。

$$\text{カイ2乗値} = \frac{\text{分子は②で求めた「各目の出現回数と期待値との差」の2乗}}{\text{分母は期待値}} = \frac{\frac{(1の差)^2}{30} + \frac{(2の差)^2}{30} + \frac{(3の差)^2}{30} + \frac{(4の差)^2}{30} + \frac{(5の差)^2}{30} + \frac{(6の差)^2}{30}}{30}$$

④ ③で求めたカイ2乗値を棄却値11.07（自由度5、α=5%）と比較する。

⑤ カイ2乗値>棄却値ならば「ばらつきは偶然起きているものではなく」、カイ2乗値<棄却値ならば「ばらつきは偶然起こり得る範囲内である」と、結論づけた。

研究の実際

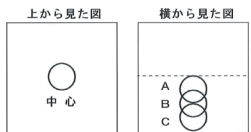
● 何も仕組まないサイコロの性質の確認

「IKASAMA」を調べる前に、何も仕組まないサイコロでは、本当に目の出方に偏りがないのかを確認することにした。市販のプラスチックのサイコロ（一辺の長さ1.5cm、質量3.94g）を180回振り、各目の出る割合を比べると、多少のばらつきはあるが大きな偏りはない。カイ2乗値を求めると5.13で、棄却値11.07より小さく、ばらつきは偶然起こり得る範囲内だった。

何も仕組まない自作のサイコロでも目の出方を確かめた。自作のサイコロ3個でカイ2乗値を求め、棄却値と比較したところ、3個とも棄却値より小さい値だった。

● さまざまなおもりを仕組んだサイコロを振る

自作のサイコロに鉛、鉄、アルミニウムのおもりを仕組み、目の出方の変化を調べてみた。サイコロはおもりを入れた面を下に止まりやすく、おもりの反対側の目が出やすくなるはずだ。おもりの位置をそれぞれ右の図のように変えながら、ねらった目が出る割合と、カイ2乗値をそれぞれ算出した。



その結果が、左のグラフだ。

ねらった目が出る確率は素材では鉛>鉄>アルミニウム、おもりの位置ではA<B<C、と事前に予想を立てていた。素材は「鉛C」以外ほぼ予想どおりだったが、おもりの位置で予想どおりだったのは鉄だけだ。鉛とアルミニウムではなぜ位置予想が外れたのか、考えてみた。

● 「慣性モーメント」の比較

おもりの位置での予想が外れた原因は、サイコロの転がりにくさにあるのではないかと考えた。サイコロの中心からおもりの位置までの距離が長いほうが、短いものより回転しにくくなる。この回転しにくさが「慣性モーメント」で、ねらった目が出にくくなる原因ではないか。この仮説を立証するため、モーターでサイコロを回転させる時に必要な消費電力を比較したり、40度の斜面から地面に向けてサイコロを転がし、地面を転がった距離を比較したりした。すると「鉛B」より「鉛C」のほうが、明らかに転がりにくかった。「アルミニウムA」と「アルミニウムB」でも斜面の実験をしたところ、「アルミニウムB」のほうが転がりにくいという結果だった。

転がらなければおもりを下に止まりにくいいため、目を出すためには転がりやすさも重要だと確かめられた。

● 重心の位置を確かめる

おもりの位置や種類で目の出方が異なるのは、それぞれのサイコロの重心の位置が違うためだと考えられる。そこで、「吊り下げ法」で重心の位置を調べることにした。「吊り下げ法」とは物体を異なる2点で糸とつなぎ吊り下げ、それぞれの鉛直線（地面へ糸が指す方向線）の交点を重心とする方法だ。その結果、おもりの質量が大きいほど、そしておもりの位置が下にあるほど、重心は下へ移動し、ねらった目が出しやすくなることがわかった。

● 重心の位置と転がりにくさの兼ね合い

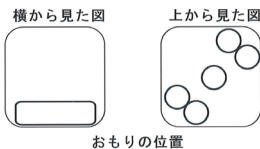
ねらった目を出しやすくするためには、「転がりやすさ」と「重心位置」が決め手になることがわかってきた。おもりの数を増やしたり、おもりの入れ方を変えたり（集中型と拡散型を比較、単体型と縦列型を比較など）して確かめたが、いずれもおもりの質量が大きく重心が下にあるほうが目が出やすい。ただ、転がりにくいものは重心が下になっていても効果は薄まった。

● 究極の「IKASAMAサイコロ」作り

研究を基に、究極の「IKASAMAサイコロ」を考えた。「奇数サイコロ」はサイコロの1つの頂点（角）のすぐ

内側に鉛球1個を仕組む。この頂点のおもりのおかげで非常に転がりやすい。頂点に接していない3つの面を奇数（偶数にもできる）にすることで奇数の出現率は85.6%、カイ2乗値は113.3となった。まさに、丁半賭博にうってつけのサイコロだ。

その他、「九鉛無角目」は9個の鉛球を底面すぐ上に一段になるよう並べ、サイコロのすべての角を直線的に小さく削ったもの。ねらい目の出現率88.9%、カイ2乗値は678.3。「大福目」は1個の鉛球を底面中央すぐ上に仕組み、すべての角を丸くしたもの。ねらい目の出現率96.7%、カイ2乗値は830.4だった。「頂点重点目」は5個の鉛球を底面に図のように並べ、すべての角を丸くしたもの。ねらい目の出現率99.4%、カイ2乗値は888.1だった。



指導について

「きっと重心の位置が大きく影響するのだろう」という見通しをもって始めた研究ですが、何度やっても予想どおりの結果が出ません。その中で気付いたのが「慣性モーメント」つまりは「転がりにくさ」です。この発見が、研究の流れを大きく変えました。究極の「IKASAMAサイコロ」作りでも、このことが随所に生かされました。

また、この研究では「カイ2乗検定」という統計学的手法を用いました。以前「お父さんの薬がみつからないっ!」（第47回）を指導したときは、この手法を子どもに教えるかどうか迷ったのですが、今回は積極的に活用しました。データサイエンスなどが注目される中、数字のもつ意味を正確に捉える方法は、子どもたちにもしっかりと伝えていくべきだと思います。

やり終えた今でも、まだまだ疑問点が多く残っています。「IKASAMA」の世界は奥が深いということが、子どもたちと指導者の正直な感想です。
由利本荘市理科教育センター 理科教育指導員 佐藤和広

審査評

時代劇の賭博のシーンでしばしば登場する“イカサマ・サイコロの数理”に関する作品です。サイコロの内部に種類の異なるおもりをはめ込んで重心の位置を操作したり、サイコロの隅を削って球形に近づけ転がり易くして狙った目を出し易くしたりして実験を繰り返していました。

特筆すべきことは、データ分析を“カイ2乗検定”を行い、作者たちが立てた仮説が正しいかどうかを、データから科学的に分析していることです。小中学校では“カイ2乗検定”は履修しないが、参考文献を見ると、『漫画でわかる統計学』等、努力次第では、学校で習っていない知識を使って解き明かしたいことを解決することもできることを示していました。“習っていないことは使わない”というよりむしろ、必要に応じて人に聞いたり、本を読んだりして必要な知識を取り入れ解決する学習法も大切です。

審査員 秋山 仁

スマレの繁殖戦略

新潟県魚沼市立湯之谷中学校 1年 星万潤

研究のきっかけ

小学生のころから植物に興味があり、観察してきた。小学4年生のスマレの研究で、いつまでも花が開かないつぼみが種子になっていることに気がついた。調べてみると、つぼみだと思っていたものは「閉鎖花」だった。閉鎖花は、花冠が開かず自家受粉で種子を実らせるといふ。観察を続けると閉鎖花は花が終わった6～11月近くまで、種子を作って蒔き続けることがわかった。

以前、観察のために葉を取り、閉鎖花だけにしたスマレを押し花にしようとしたことがあった。キッチンペーパーに挟み乾燥させ、1か月後に台紙に移そうと開いたら、小さいものから大きいものまですべての閉鎖花の種子が弾け飛んでしまった。大きさが違っても、すべて弾けて種子を飛ばす閉鎖花。スマレはどのように子孫を残し、命をつないでいくのか。命のために閉鎖花がどんな働きをしているのか、研究を始めた。

閉鎖花について

スマレはスマレ科スマレ属の多年草、畑や道ばたの日当たりのよい所に生える高さ10cmほどの小さな野草だ。スマレは第1段階として4～6月に花を咲かせ、蜜を吸いにきた虫の助けを借りて受粉、結実する。第2段階として6～10月末ごろまで閉鎖花を付け、自家受粉で種子を作っては弾き飛ばし続ける。

閉鎖花は下向きに付いてから少しずつ横向きになり、90度になった時にそのままの角度で緑色から黄色に変わる。その後、茎をくねらせながら真上を向いた時は弾ける直前だ。上を向いたら再び横へ角度を下げ、サヤが大きく縦3つに分かれる。1時間ほどするとサヤがそり返り、種子がサヤから半分以上出てあふれそうになる。2時間ほど経つと種子が減り（理由はわからない）、4時間ほど経ったころ、茎が静かに揺れて一瞬のうちに種子が弾き出されて飛んでいく。種子は1.5mmサイズで弾き出されてから時間が経つと全体に茶色になり、少し尖ったようにクリーム色の模様がある。

完全した弾き出された種子は長い休眠を経て、翌年発芽するとされている。実際これまでの経験で、完全した種子はすぐに蒔いてもなかなか発芽しなかった。実験の



左から角度1、角度2、角度3、角度4、角度5の閉鎖花、右へいくほど成熟

ため採取してすぐ発芽させるには、未成熟の種子がよいことから、閉鎖花の首の角度から成熟度を5段階に分けて成熟度の基準を決めた。

実験や観察の実際

●実験1と観察1

押し花を作る時、大きさや成熟度に関わらずすべての閉鎖花の種子が弾け飛んだ理由がわからなかった。考えられるのは、「乾燥によるもの」「水分や養分が届かなくなると本能的に種子を散布する」「どんな環境の変化にも対応する力を持っている」などだ。

実験1では、弾ける理由が乾燥なのかを確かめた。閉鎖花はすべて、角度5以下のものを使って実験した。A-1は閉鎖花の花の部分だけを3個、湿った砂と一緒にフリーザーバッグに入れ、冷蔵庫で1週間保存した。A-2は茎が付いた閉鎖花3個を、湿った砂の入ったフリーザーバッグに入れ、冷蔵庫で1週間保存した。Bは茎の付いた閉鎖花3個をティッシュペーパーで包み、常温で1週間保存した。

その結果、A-1は全く変化が見られず、弾ける様子もなかった。A-2は黄緑色に変わっていたが、サヤは開いていなかった。Bはサヤが大きく3つに割れていたが種子は収まったままだった。サヤが割れたのは乾燥によるものと考えられるが、弾けるのには乾燥以外の理由があるのだろう。

Bのサヤが割れたのはサヤが縮むのか、伸びるのか、引っ張るのか、押すのか、閉鎖花を分解して詳しく観察してみた。すると、下の図のように種子を遠くへ飛ばす



種子は乾燥だけでは飛びはず、舟形のサヤが底のほうから潰れることで押し出す

仕組みがあった。

●実験2～3

未成熟の種子をすぐ発芽させるには、どの成熟段階がよいのかを調べてみた。角度1～5と異なる成熟度の閉鎖花を茎ごと切り取り、4～5日後に種を弾き出させる。採取したそれぞれの種子を植木鉢に蒔き、発芽率を調べた（この実験を5回行った）。角度1の閉鎖花は弾けず種子が取れなかった。角度2～5はすべて弾け、種子が発芽した。角度2の種子は発芽率32%、角度3は発芽率58%、角度4は発芽率84%、角度5は発芽率68%だった。成長途中で切り取られた閉鎖花は危険を感じ、種を弾き出して発芽させたのではないかと。スマレは万一の環境の変化に備えている可能性がある。

並行してサヤが閉じる寸前の完全した種も採取して蒔いてみた。すると予想に反し、10個のうち7個が発芽した。休眠に入る前だったのか。それとも危険に備え、ひとつの閉鎖花に休眠する種子としない種子があるのか。サヤごとに種子を分けて植木鉢に蒔き確かめたが、すべてのサヤの種子が発芽した。休眠する種子、しない種子の区別はない。

●実験4～7

完全の種子が休眠に入るのは、乾燥のせいなのか。7月25日に採取した完全種子を1か月、風通しのよい常温の場所で保管した後、植木鉢に蒔いてみた。比較対象として、完全直後に採取した種子も同じように蒔いてみる。この実験を3回行った。すると、完全直後の種は半分以上が発芽したが、1か月置いた種は発芽しなかった。完全直後はまだ休眠に入っていないことになる。

種子は乾燥することで休眠するのなら、どのくらいで休眠に入るのか。同じ閉鎖花から飛び散った完全種子を10日間、毎日3個ずつ植木鉢に蒔いてみた。すると、1日目に蒔いたものが1週間後に発芽し、3日目に蒔いたものが9日後に発芽した。残りは全く発芽しなかった。

何のための休眠なのか、何が起こって休眠に入るのか。自然の土に落ちたらどうなるのか、ひとつの閉鎖花のすべての完全種子32個を庭の土に蒔いて、土も被せず発芽するかどうか確かめてみた。すると、16個の種が発芽したが、夏の暑い日差しの下ですぐに干からびた。発芽しても生き残れないなら、適切な時期に発芽しなければならないし、発芽3条件が揃っても発芽しない強い意志が必要だ（それが休眠ということか）。

未成熟の種子でも乾燥期間があれば休眠し、発芽しないのか。1か月ほど保存した角度1～5の未成熟の種子を、それぞれ別の植木鉢に蒔くと、どれも発芽しなかった。種子が乾燥し、外側の皮が硬くなれば発芽はしない。



閉鎖花のサヤに収まった種子

●観察2～3

成熟した種子を自然乾燥させる過程で、表面の様子に変化があるのか、顕微鏡で観察した。種子の大きさはあまり変わらなかったが、白いコブのようなものが縮まって硬く変化していた。調べるとコブはエライオソームでアリの好物だった。アリがエライオソームを舐めるため種子を巣に運ぶことはよく知られ、スマレはアリを利用している。そのエライオソームが種子に蓋をするように硬くなることで、種子は休眠状態に入るのではないかと。

サヤに入った種子も観察すると、エライオソームは下部にあり、種子はそこからサヤとつながっていた。種子はエライオソームを通して栄養や水分を得ていると考えられる。栄養や水分が満たされると栄養管が閉ざされ、休眠体制に移行するのだと思う。



指導について

星万潤さんは、植物の繁殖戦略をテーマに、カラスビシャク、ネナシカズラなど、毎年、対象物を変えて研究してきました。今回は、小学校4年生で行った、スマレの研究の際に生じた「閉鎖花」に関する疑問を解決するために研究を深めたものです。閉鎖花のはじける条件を調べるために、乾燥したもの、湿らせたもので比較実験を行ったり、閉鎖花を分解してはじける様子を観察したりしました。顕微鏡を駆使し、エライオソームの働きを追究したところが大変興味深いものになっています。私からは、完全した種子の発芽について、気象条件、はじけ飛ぶことによる散布とアリによる散布、休眠とエライオソームとの関係から考察することを助言し、研究成果をスマレの「3つの繁殖戦略」としてまとめることを指導しました。

今回の受賞を受けて、今後さらに植物の繁殖戦略について粘り強く研究し、植物の未知なる多様性を明らかにしていってほしいと思います。 長岡市立富曾亀小学校 中島 稔

審査評

この研究はスマレ類の特徴としてよく知られている、閉鎖花による種子の形成と散布および休眠についての実験観察結果です。果実や種子の成熟程度を、果実の角度を指標として段階に分けて捉えることにより、様々な変化を客観的に示すことに成功しています。観察結果は顕微鏡写真を含んだ写真により、はっきりと記録されており、このことが説明を助けています。一方で、文章による説明では、同じような結果や考察が、時間を追って繰り返されているところがあり、研究の筋がぼやけているように思います。問いかけや実験の順序にかかわらず、何が明らかになったかというテーマごとにまとめるのがよいのではないのでしょうか。また、用語を的確に使用すること（たとえば「ガク」は花の一部なので、「ガクが閉鎖花より長い」とは言えないでしょう）、あいまいな考察を補完するような実験を行うこと（たとえば、エライオソームを各段階で取り除いたら休眠に影響するかどうか）により、説得力が増すと思います。

審査員 邑田 仁

メダカの研究パート6 ～遺伝子の組み合わせによる体色変化の違いと 常染色体潜性（劣性）遺伝が及ぼす成長への影響～

千葉県佐倉市立井野中学校 3年 成田百花

研究のきっかけ

中学1年生のメダカの研究では、次のことを調べた。
①純系クロメダカオスと純系ヒメダカメスの子供オスに別の純系ヒメダカメスをかけ合わせると、うまれた子供はどうなるのか。
②純系ヒメダカオスと純系クロメダカメスの子供メスに別の純系クロメダカオスをかけ合わせると、うまれた子供はどうなるのか。
③純系ヒメダカオスと純系クロメダカメスの子供メスに別の純系ヒメダカオスをかけ合わせると、うまれた子供はどうなるのか。
①については法則を発見することができたが、②と③はうまれたメダカが少なかったため、法則を発見して断定することができなかった。今回の研究では、③を詳しく調査することにした。また、卵から孵化までの過程や、孵化後に体の成長が止まっているメダカについても、調べることにした。

今回の調査方法

③の調査でうまれてきた子供のうち、クロメダカとヒメダカ両方の遺伝子を持ったオスとメスをかけ合わせ、うまれたメダカのオスとメスを判別する。この時、クロメダカの遺伝子か、ヒメダカの遺伝子か、両方を持つ遺伝子か、個体ごとに持っている遺伝子を前回より詳しく調べる。かけ合わせでうまれたメダカを区別するため、1匹ずつ専用の容器で育て、屋内で観察した。1日2回スポイトでフンなどを吸い取り、不足した水はカルキ抜きをした水を足す。エサを与え、容器が汚れたら水を入れ替える。メダカが成長してきたら、容器を大きいものに替えるようにした。

調査の予想と結果

● 予想

クロメダカのクロ（黒）の遺伝要因をR（顕性＝優性遺伝子）、ヒメダカのヒ（緋）の遺伝要因をr（潜性＝劣性遺伝子）とし、純系クロメダカがRR、純系ヒメダ

カがrrの遺伝要因を持つとする。純系クロメダカと純系ヒメダカの両親からうまれる子供の遺伝要因はすべてRrとなり、雑種のクロメダカになる。雑種のクロメダカRrと純系ヒメダカrrをかけ合わせると、メンデルの法則のひとつ分離の法則により、雑種のクロメダカRrと純系ヒメダカrrが1：1の同じ割合でうまれると考えられる。しかし前回の研究では、クロメダカとヒメダカ両方の遺伝子を持つRrのメダカも生まれた。

今回の研究は、この両方の遺伝子を持ったRrのオスとメスをかけ合わせる。分離の法則により、雑種のクロメダカRR：雑種両方の遺伝子を持つメダカRr：雑種のヒメダカrr＝1：2：1がうまれる。クロとヒ両方の遺伝子を持つメダカの子供だから、純系はうまれないと予想した。

● 結果

今回、調査の対象にしたのは、2021年3月13日から9月8日までにうまれたメダカだ。観察対象としたメダカは162匹いたが、最終的に判定したメダカの数45匹で、区分や性別ごとの個体数は下記のとおりだ。

メダカの区分	うまれたオス		うまれたメス		全体	
雑種クロメダカ系	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%
雑種両方の遺伝子クロメダカ系	0	0.0%	1	4.8%	1	2.2%
雑種両方の遺伝子クロメダカ寄り	6	25.0%	6	28.6%	12	26.7%
雑種両方の遺伝子中間	8	33.3%	10	47.6%	18	40.0%
雑種両方の遺伝子ヒメダカ寄り	8	33.3%	2	9.5%	10	22.2%
雑種両方の遺伝子ヒメダカ系	2	8.3%	2	9.5%	4	8.9%
雑種ヒメダカ寄	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%
合計	24	100%	21	100%	45	100%

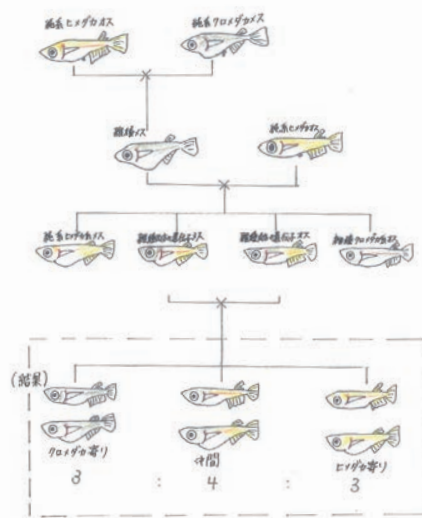
うまれた個体数（左列）と出現率（右列）

● 結果からの考察

うまれたメダカは性別に関係なく、クロメダカとヒメダカ両方の遺伝子を持っていることがわかった。オスもメスも雑種両方の遺伝子中間の個体が多く、オスはヒメダカの遺伝子、メスはクロメダカの遺伝子が強い個体が生まれやすいことがわかった。上の表の黒い部分のメダカをクロメダカ寄り、赤い部分のメダカをヒメダカ寄りと分類すると、中間も含めた出現率はクロメダカ寄り：中間：ヒメダカ寄り＝3：4：3となった。

雑種両方の遺伝子中間のメダカが最も多くうまれるが、顕性（優性）遺伝子に偏ったメダカ、潜性（劣性）遺伝子に偏ったメダカもほぼ同じ割合でうまれることがわかった。オスは潜性（劣性）遺伝子、メスは顕性（優性）遺伝子が強く現れやすい傾向にあることも判明した。

● 今回のかけ合わせ調査の結果



研究の考察

ここまでのかけ合わせの調査中に、卵から孵化までの過程や、孵化してからの成長過程で成長が止まってしまうメダカがいた。どちらも性別が判明する前に死んでしまう。この成長が止まるメダカについて、どのくらいの割合で出現しているのか、調べてみることにした。

成長が止まったという判定は「目が他のメダカに比べ小さい」「血液がしっぼの先や卵の中で固まっている」「血流が悪く血液の流れる部分が細い」「体の端や口の先など体の一部の色が濃い」「体の端に膨らんだ膜がある」「黒い模様の形がはっきりしない」「卵の中で体を異常に激しく動かしている」ことを基準とした。

2021年に観察したメダカを「**A**性別が判明するまで生きたメダカ」「**B**性別が判明する前に死んだ成長が止まっていないメダカ」「**C**性別が判明する前に死んだ成長が止まったメダカ」に分類した。

2022年にうまれたメダカ（両親の系統は2021年と全く同じ）も「**A**孵化するまで生きたメダカ」「**B**孵化する前に死んだ成長が止まっていないメダカ」「**C**孵化する前に死んだ成長が止まったメダカ」に分類した。

さらに、2021年と2022年ともに**B**と**C**の死んだメダカを、それぞれ「孵化前に死んだメダカ」「孵化後に死んだメダカ」のふたつに分けて考えた。

その結果、2021年の各メダカの出現率は**A**27.8%、**B**の孵化前死亡が24.1%、**B**の孵化後死亡が28.4%、**C**の孵化前死亡が17.3%、**C**の孵化後死亡が2.5%だった。

2021年のメダカは**A**64.0%、**B**の孵化前死亡が9.9%、**B**の孵化後死亡が0.0%、**C**の孵化前死亡が25.2%、**C**の孵化後死亡が0.9%だった。

両年合計の割合では**A**42.5%、**B**35.2%、**C**22.3%だ。成長が止まったメダカだけで見ると、孵化前に死ぬ個体が91.8%で多くが孵化前に死に、性別が判明する前に必ず死んでいた。

『全訂増補版メダカ学全書』に挙げられたメダカの突然変異種の例に、「胚・稚魚で色素細胞の発達が悪い、致死である」と、今回のメダカと似た特徴を見つけた。「この遺伝子は常染色体に位置し、遺伝の形式は劣性」と書かれていた。前回のかけ合わせ研究では成長が止まるメダカはうまれなかったが、今回は両親の遺伝子に異常があったため、常染色体潜性（劣性）遺伝の影響で、成長が遅れるメダカがうまれたのだと思う。次回以降、遺伝子異常の原因を追究し、治療法などを発見したい。

指導について

一昨年、「純系ヒメダカオスと純系クロメダカメスの子供メスに別の純系ヒメダカオスをかけ合わせ、うまれた子供はどうなるのか」を調べた際、うまれたメダカの数が少なく、法則を断定させることができませんでした。本研究では、メダカを増やし、検証しようと思ったことがきっかけでした。産卵に至るまでのメダカの様子からうまれた卵の様子、孵化後の様子を長期間、毎日観察し記録を取り続けるうちに、体の成長が止まっているメダカに気づき、その原因を追究するため、過去にも同じような事象が起きたのか調査し、新たな発見をすることができました。

「継続は力なり」の言葉にもあるように、毎日メダカと真剣に向き合っていなければ、これらの法則の断定や発見をすることができなかったのではないかと思います。また、本コンクールの入賞も本人の自信につながり、研究の励みになっております。素晴らしい賞をいただき、感謝しております。 成田理恵

審査評

本研究は小学校4年生の時から6年間継続して行ってきた研究です。メダカについての様々な疑問を調査や観察を通して解決してきました。今年度は純系ヒメダカのオスと純系クロメダカのメスの子供のメスに対して、別の純系ヒメダカのオスをかけ合わせ、生まれた子供同士をさらにかけ合わせました。その結果がどのようになるのかをオスとメスそれぞれ7つに区分して調べています。

生まれたメダカを他のメダカと区別したり、受精したりしないようにするために、1匹ずつつけた容器で育てるなど工夫をしています。水槽の下側に方眼紙などのスケールを置くことで、メダカの大きさを確認する際に役立つでしょう。毎日2回の容器内の糞の清掃やエサやり、水の入れ替えなどメダカが良い環境で生活できるよう常に考え観察を進めています。継続して行った研究により、得られたデータ量も多く、結果もわかりやすくまとめてありその努力は高く評価されました。観察を続けていく中で、成長が途中で止まるメダカの共通点も見つけ、考察でその原因についても述べています。

今後は、遺伝子の異常があるメダカの原因解明と成長との関係の研究を進め、さらに発展させていくことを期待します。

審査員 田中史人

ストロー飛行機を科学する2nd シーズン よく飛ぶストロー飛行機を作ろう、調べよう 7年目

山形県酒田市立鳥海八幡中学校
1年 池田蒼空・池田滯央

【研究の動機】

第62回全国自然科学観察コンクールで秋山仁特別賞を受賞した作品の継続研究である。

研究をしているストロー飛行機とはストローの前後にリング状の羽を持った機体で、前羽円周150mm幅20mm厚さ0.2mm、後羽円周250mm幅20mm厚さ0.2mmの画用紙やプラスチックの羽を3本のストロー長さ220mm外径7mm内径6mmを等間隔に配置し前後を接続した機体だ。

6年間夏休みの自由研究として取り組んだが謎は深まるばかりで中学校に進学しより深く研究してみたいと思い7年目の研究に取り組んだ。

昨年は揚力と推進力について研究した。発射直後下降した点を疑問に思い今年はその点に着目し研究を進めた。

【結論と感想】

昨年度見られた発射後の下降をなくすために①初速に負けない羽根の素材②発射時の角度の2点に着目して研究を行った。初速負けない羽根の素材はホームセンターなどで容易に入手出来、羽根に加工しやすい物を中心に選別した。PP（厚さ違いで3種類）、PET、硬質塩化ビニールを用い実験を行った。また、発射角度の実験ではストロー飛行機の羽根の大きさの円とストローの位置を内接する三角形の図と多角形の内角の和の計算を基にしてベストな発射角度を計算により求めた。飛行角度＝発射角度＝6.2度が計算で求めた角度である。

飛行中の羽根の変形をより小さくする目的で羽の素材を変えて実験したが、変形が小さい硬質塩化ビニール、PP0.75mm、PET0.5mmは発射直後に大きく上昇し飛距離が伸びなかった。抵抗より多少変形する画用紙とPP0.5mmが一番飛ぶ結果となった。空気抵抗による変形の大きいPP0.2mmはあまり飛ばない結果となった。

「発射直後の下降を小さくする」というポイントについては羽根の変形を小さくすることで下降がなくなり成功したが、飛距離が延びるであろうと予想した点については予想に反して飛距離が延びず逆の結果となった。羽の変形を小さくすることで揚力が働きすぎて推進力に変えられない結果となった。画用紙とPP0.5mmが同じくらい飛んだが現段階では羽根の重さ・厚さともに異なるため共通点はなにか疑問が残る結果となった。しかし、湿度に強く長期保存が可能なPP0.5mmという素材を発見できたことは今回の実験の大きな収穫である。

角度の実験では実験前に計算で求めた6.2度が飛ぶと予想したが結果は0度～30度まで大きく飛距離が変わらない結果となった。45度、60度は推進方向よりも上方向への力が大きく働き飛距離が延びなかった。最終的な

結果としては15度が一番よく飛んだので今後の実験の発射角度として活用できると考える。

来年は今までは発射時の力なるべく揚力に変えて飛距離を出そうという実験を行って来たが今回の実験1の軌道を受け画用紙は揚力よりも推進力に使っているように思える。来年はその点に着目してより安定して水平に飛距離を延ばせる製作実験を行いたい。

マイクロスケール実験で行う生物農薬の研究 part II ～アレロケミカルの作用経路を探る～

茨城県立並木中等教育学校
3年 石原大馳・渋谷悠太

【研究の動機】

一般的な農薬には人体に害がある成分が含まれている。そこで、私たち人体への害が少ない農薬を作ろうと考えた。過去の論文を調べると、植物が出すアレロケミカルは、他の植物の成長を阻害することがわかった。私たちはこれを用いて農薬を作ろうと考えた。去年の研究では、シロツメクサは24時間草を乾燥させることで、レタスに対して最も強い阻害的な影響を与えることがわかった。そのため、次はシロツメクサのアレロケミカルが他の植物にどのように作用するかを調べることで、アレロケミカルが関与する経路を調べるとともに、よりよい除草剤を作れるようにしたいと考えた。

【結論と感想】

本研究の目的はシロツメクサのアレロケミカルの作用経路を探るということだった。実験を行っていくと作用経路は浸出であるとわかった。とくに、水耕栽培で育てたときよりも、土壌栽培で育てたときのほうが、成長抑制作用が大きいとわかった。実際に自然界ではどのように菌に作用しているかを調べた。この実験からはアンモニア態窒素に変える硝化菌に影響を与えているということが考えられる。本研究を通して、データを正確に繰り返していることや、実験の結果の原因を考察して次の実験につなげることが大切だと思った。

太陽光は最高の眼科医!? 2022

～今、中学生の60%が近視。1日2時間太陽光を浴びるだけで、近視が改善する!?～

東京都港区立三田中学校
1年 高橋咲来

【研究の動機】

小5のときに、視力が急激に低下した（右目0.1 左目0.4）。しかし、眼鏡をかけなくなかったので、眼鏡をかけずに視力を取り戻す方法はないかと思い、昨年、このテーマについて研究を行った。

調べてみると、私だけでなく近視の子供が増加してい

群れる金魚たち

～音楽の好みと鏡の認識～

東京都東京学芸大学附属竹早中学校
2年 梅田麻央

【研究の動機】

私は物心ついた頃から金魚を飼っていて、その飼育歴はおよそ12年だ。

3年前に友人から金魚をゆずってもらい卵から成長した金魚を、コロナ禍の休校中に観察し様々なことに疑問を持ち、興味がわいた。研究として小6は金魚の観察日記と歴史、中1は光環境における金魚の成長の違い、金魚の五感について実験を行った。その結果から今年は昨年行えなかった実験と興味のあることから「金魚の好む音楽」「金魚の鏡の認識」「金魚の群れ」について研究した。

【結論と感想】

「金魚の音楽の好み」の実験は童謡、演歌、民謡、ボーカロイドの曲で好む結果が出たため、金魚は音楽の好みがあると考えられる。「金魚の鏡の認識」の実験は「鏡像自己認知」を証明することはできなかったが、予想通り実物の金魚よりも鏡への興味を多く示し、金魚は鏡をしっかりと認識していると考えられる。「金魚の群れ」の実験は様々な方法で泳ぎ方や群れを観察したが、群れには様々な形があり先頭は偶発的であることがわかった。今回の実験では実験結果を分析するのがとても大変であった。金魚が夢にも出てくるほど実験分析に没頭した。鏡の実験は特に研究を続けていきたいと思う。

て、日本でも海外でも大きな社会問題になっていることを知った。また、屋外で過ごし太陽光を浴びるだけで近視の進行を抑制することができることを知り、大きな衝撃を受けた。

太陽光による近視予防に関する詳しいメカニズムを調べると、太陽光に含まれる波長360-400nmのバイオレットライトが近視進行抑制効果があることがわかった。より詳しい話を聞くために、この研究を行っている慶應義塾大学病院の鳥居先生に取材をした。

昨年、GIGAスクール構想に取り入れてほしいアイディアとして、バイオレットライト透過型の屋根や窓について提案した。

素材メーカーの方に取材をし、素材となるプラスチックに技術的な加工をすることによって特定の光の波長をカットまたは透過させることができたことがわかった。この取材を通して、身近にある物などを利用して、バイオレットライト透過型の窓・屋根に見立てた実験を行うことにした。また、1日2時間以上太陽光を浴びて視力が改善するかどうかの実験についても、昨年と同様に効果を確認した。

【結論と感想】

太陽光を浴びる実験では、より信頼性の高いデータにするために、浴びた紫外線の量と天気を記録した。その結果、視力は、実験開始115日後、右目は0.1から0.15、左目は0.6から0.7に改善した。

また、バイオレットライト透過型の窓や屋根に見立てた実験については、眼鏡、照明用カラーフィルター、日焼け止めを塗ったクリアファイル、日焼け止めに使われている紫外線防止剤を塗った透明な食品用パックにバイオレットライト（最大波長365nmのブラックライトを利用）が透過するかどうかを確認する4つの実験を行った。全ての実験において何度もやり直しをしたりと苦労はあったが、紫外線防止剤に関しては、スペクトルの特徴に沿った結果が得られた。

実験を進める中で、日焼け止めの容器に表示されている成分を調べたところ、日焼け止めには共通の紫外線防止剤が含まれていることに気が付いた。

また、これらの化合物の紫外線の吸光度と透過率を調べたところ、360～400nmを透過する、近視対策に理想的な成分であることがわかった。それぞれの化合物のスペクトルの特徴を生かすことができれば、目的や用途に合わせたバイオレットライト透過型の屋根や窓を作ることができると思い、アイディアとして取り上げた。

政府と学校が近視対策を具体的に進めるようになればと思い、去年と同様に今年も、この研究を文部科学大臣、デジタル大臣、港区教育長、三田中学校に提出した。

また、この研究で提案したアイディアを実現化させることによって、子供を中心とした近視の人口を少しでも減らしたい。

スズメと口笛の関係

神奈川県逗子開成中学校
3年 石渡戸 優

〔研究の動機〕

以前、部活の秋山さんたちが行った「種類・場所ごとに鳥に警戒されずに接近できる距離」の研究を参考にして、昨年は音によるスズメの飛び立ち距離について研究した。その研究の中で鳥が一番反応する音が猫の鳴き声であることが分かった。また、多くの音を聴かせている中で、スズメに口笛を聴かせると、どこかに移動していくような行動を見る事ができた。

そのことからスズメと口笛には何か関係があると考え、この研究を始めた。

〔結論と感想〕

研究の目的であるスズメが口笛を聞くとどのような行動をとるかについては、1箇所集まると共に、自分たちの行動の形態に合った場所を自ら選んでいることも分かった。このことから僕は、スズメにはまだまだ明かされていない頭脳の高さと、協調性があると思う。

しかしスズメが近年減っている事について、私はスズメのすみづらい町が増えているからだと感じた。どうすればスズメの理想の町を作れるのかを考えながら、よりよい研究につなげていきたいと思う。

流体デバイス作り 小型化と低コスト化に挑戦!! 人体の血液循環を流体力学で考える

富山県富山大学教育学部附属中学校
1年 張 契洙

〔研究の動機〕

前年度は心臓病の中で病気になりにくいといわれる右心をターゲットに弁と遠心ポンプの作製を行った。今年は、右心用補助人工心臓作りを進めたいと思った。

この心臓は拍動リズムがあり、拍動による血圧と流量を受けるため、まずは人体の血流モデル（循環器の理解のため）を作らねばならないと考えた。人工心臓は血液循環シミュレーターで実験していくが、このシミュレーターを小型化し、流体デバイスを作りたいと思った。難しいテーマだけど、挑戦しようと思った。

〔結論と感想〕

血液成分を調べ、家庭用品だけで何とか再現できないか考えた。血液の粘性を定量化し、血管の圧力や流量、血管の向きにより、流量がどう変化するのか調べた。調べていくうちに、身長分に達する血流の揚程について考え、管の径を変えたり、組み合わせることで、摩擦損失が起きていることに気が付いた。この損失を吐出量やレ

イノルズ数の算出により何とかわり出せないかと考えた。摩擦損出数は出せなかったが、層流と乱流について理解を深め、目標であった流体デバイスをうまく作ることに成功した。

宝石のような結晶をつくる! Part 3ーミョウバン結晶の表面欠陥と結晶成長ー

石川県金沢市立大徳中学校
2年 坂田佳優

〔研究の動機〕

小学校の理科の授業で習った、ものの溶け方でミョウバンの結晶に興味をもち、ミョウバン結晶の成長研究を始めた。この研究も今年で3年目になる。

1年目の研究は、“冷却法”、“再加熱法”、“溶媒蒸発法”、“密度拡散法”、“飽和溶液を利用した結晶育成法”の5つの方法を使って、4つのテーマで結晶の育成をした。

2年目の研究は、1年目で研究した“密度拡散法”での結晶成長の研究をさらに掘り下げ、装置を作り、条件に違いをつけて、大きく綺麗な正八面体に成長することを目的とした実験をした。

3年目の今年は、1、2年目の時点では思った通りの結果にならなかった実験を、2年間の研究でわかったことを基に再実験することにした。

〔結論と感想〕

1年目の研究の「内側がクロムミョウバン、外側がカリミョウバンの混晶づくり」と、2年目の研究の「密度拡散法での結晶づくりでガタガタになった結晶」でうまくいかなかった原因は、2年間の経験で考察した結果、温度を一定に保つことが正八面体にきれいに成長するという結論に至った。そこで今年は、『温度が下がると原子運動は低下して、原子同士が規則正しく結びつき合うようになるはず』と仮説をたて、常温よりも温度が一定である冷蔵庫内で成長させた。予想通り時間はかかったがきれいな正八面体に成長した。

また、ミョウバン結晶が成長して結晶化していく過程にできる欠陥の研究では、結晶の頂点部分の欠けの修復速度は他の面や辺よりも速いのではないかに注目して実験をした。結果、頂点部分の修復成長は速く、同じ結晶の中でも方向によって結晶（原子）の積み上げやすさは異なっていて、積み上げやすい方向ほど結晶の成長速度は速くなる＝頂点になる、という仮説が正しいという結論になった。

継続研究をすることで、過去のうまくいかなかった研究を解明できたことは楽しかった。

蟻の研究 登る能力とケシヤドリの謎に挑戦

静岡県浜松市立佐鳴台中学校
2年 広瀬峻一朗

〔研究の動機〕

4年前、山梨に行ったときにコンクリートの壁の小さな穴の中にアリの巣を見つけた。気になって棒で突いてみると中からアリがあふれ出てきた。その後、周りを調べてみると色々な場所からアリの巣が見つかった。例えば木の中の空洞や石の下、木の皮の下だ。私はこんなにも違う場所にアリがいるのだと感動し、研究を始めた。

〔結論と感想〕

最初に行ったのはアリによって登る能力が違うのに疑問を覚えたので、アリの登る能力と足の構造の関係を調べた。その結果登る能力が高いアリには3つの共通点があることがわかった。次の実験では前の実験で発見したケシヤドリと言われるものと登る能力との関係性を調べた。ケシヤドリというのはアリの前足のふ節部分についているもので役割は分かっていない。その結果ケシヤドリは6種類の形に分けられ、関係性もあった。またケシヤドリの役割も発見した。

奈良県生駒市における ツバメの子育て研究

奈良県奈良女子大学附属中等教育学校
3年 荻巢 樹

〔研究の動機〕

2017年度にシジュウカラ（Parus minor）の子育ての観察を行い、雄と雌で餌を持ってくる回数に違いがあるということがわかった。しかし、観察していた巣に、翌年はシジュウカラが訪れず、研究テーマを探している中で奈良県生駒市の飲食店街にツバメの巣が多数あるのを見つけ、ツバメの子育てや雌雄の役割について調査したいと考えたため、2018～2022年の5年間、奈良県生駒市の飲食店街・グリーンヒルいこまの3階でツバメ（Hirundo rustica）の子育てを観察した。

なお、この研究は令和4年度東京動物園協会野生生物保全基金により助成を受けている。

〔結論と感想〕

雄は餌を多く運び、雌は巣に長く滞在することがわかった。これは雄は主にヒナに餌を与え、雌は主にヒナを温める役割分担をしているためではないかと考えられる。

2回目の子育ては1回目よりも親鳥の給餌回数が少ないにもかかわらず、巣立ちまでの日数が短いことがわ

かった。フンの分析でも1回目ではハエなどの双翅目がほとんどだったが、2回目ではバッタやガの仲間などもヒナに与えていたことから、子育ての時期が進むと、ヒナに与える虫の種類も増えるのではないかと考えられる。

研究結果より、ツバメでも雌雄で大きく子育ての行動の違いがあることが明らかとなった。5年間の研究であるため、データ量が多く、まとめるのが大変だったが、グラフや表にまとめてみると数値に大きな違いが出て、非常に興味深かった。

もったいないをやっつけろ!! ぼくだって油職人!! 5年目の挑戦

愛媛県新居浜市立角野中学校
1年 松本琉希

〔研究の動機〕

私は4年間、スイカの種から油を作る研究をしていました。コロナ禍で今までよりも手を洗ったり、アルコールで消毒する機会が増え、家事をする母の手はひどく荒れてしまい、私のスイカ油とたき火の後の灰で肌に優しい石けんが作れないかと考えました。

〔結論と感想〕

スイカ油は大量の種が必要にもかかわらず、少量の油しか取れないため、今年は種を集めながら灰の選定や配合、水溶液の濃度を変えて予備実験を行いました。薬品に頼らないことがこんなに大変だとは思っていませんでした。ようやく分離していない石けんができ、フワフワの泡で顔を洗うと、失敗続きで大変だった気持ちまで洗い流されていくようでした。私の石けんを使って、母が喜んでくれたのがとてもうれしかったです。

今年の実験では最適な水溶液や工程、必要な条件が見つかりましたが、実験を重ねるごとに新たな疑問が生まれるため、もう少し検証が必要なのところがあります。スイカ石けんへの道はまだまだ続きます。

小学校の部

ネジバナの研究 2019 ～ 2022 ～新しい送粉者と送粉方法の発見～

東京都千代田区立九段小学校 3年 熊谷緋沙子

研究のきっかけ

きっかけは4歳のころ、保育園に行く途中でネジバナを見つけ、ねじれていて不思議だなと思ったことだった。ネジバナはラン科の多年草で、日本全国、芝生や湿地帯の明るい場所にごく普通に生えている。株の中心から高さ15～40cmの花茎がまっすぐ伸び、花茎の周りに小さなピンクの花が、らせん階段のようにたくさんついている。

小さな花の奥には蜜と粘着性の高い花粉の塊があり、蜜を吸うために虫が花に頭を突っ込むと花粉塊が付着して運ばれる。図鑑や論文にはネジバナは、蜜を運んでくれる送粉者のハチとの関係でねじれていると書いてあった。ただ、ネジバナは香りが強く夜も咲いているから、ハチ以外の虫も来ているかもしれない。観察すると、らせん形に花がつくものばかりではなく、まっすぐ並んでいるものもある。ねじれる理由がわからなかったので、自分で調べてみようと思った。



2019 ～ 2020 年の研究

2019～2020年は、「ねじれているほうが虫が花を見つけやすいのかもしれない」という仮説を立てて研究した。ハチになりきって、74本のネジバナを5方向から撮



74本のネジバナを撮影して見え方を比べた

影して、見え方の違いを比べた。その結果、5方向どこから見ても、目立つのはねじれた花だった。ネジバナはねじれて花を目立たそうとしているのかもしれない。

次に、ねじれている花とまっすぐな花で受粉率に差があるのか、それぞれ15本ずつ花茎を集めて比べてみた。すると、ねじれた花茎15本についていた花355個のうち受粉したのは337個、しなかったのは18個、まっすぐの花茎15本についていた花252個のうち受粉したのは232個、しなかったのは20個だった。ねじれているほうが虫から見つかりやすいはずなのに、受粉率にほとんど差はなかった。花の見た目が影響しにくい夜ならば、まっすぐ並ぶ花が得になることがあるのかもしれない。翌年からは、夜に来る虫も調べてみることにした。

2021 ～ 2022 年の研究方法

● 2021 ～ 2022 年の研究の仮説

ネジバナをフリーザーバッグに入れてにおいを嗅いでみたら、強い香りがする。ネジバナを分解しても強い香りがした。これほど強い香りなら、昼の間は目立たないまっすぐ並ぶネジバナにも虫が来るといった。実際に夕方や夜、上野公園や東京理科大学神楽坂キャンパス、外濠公園に咲いているネジバナを観察すると、花に小さな虫がついていた。夜間、香りに引かれて集まるハチ以外の虫ならば、まっすぐの花のほうが移動しやすく、体に花粉塊がつきやすいかもしれない。

こんな仮説を立てて、小石川植物園や千葉県立中央博物館、神奈川県立生命の星・地球博物館の先生方からアドバイスをいただきながら研究をした。小石川植物園では2021年5月からずっと、実験をさせてもらった。

● 花に来ていた虫を捕まえて観察

写真のようなかごにペットボトルとじょうごで入り口を設置して、花に来る虫を捕まえるわなを作った。わなの中にたくさんの花茎を入れ、入り口以外から香りが漏れないように、ラップフィルムで覆った。かごのわなは、ペットボトルで入り口をつくったほうが虫がたくさん捕獲できた。が、一度使うと分解して作り直さなければならぬので、ペットボトルやプラスチックのコップの中に



花茎と虫取り用のシートを入れて捕獲することにした。夜に来る虫を調べるため、わなは夕方設置して翌朝回収した。その他、小石川植物園のネジバナにセマダラコガネがとまっていたので、ネジバナごと採集して観察した。その後、セマダラコガネをフリーザーバッグに入れて冷凍し、実験をした。セマダラコガネをピンセットでつかみ、頭をネジバナの中へ入れて、花粉塊が頭につくかどうかデジタルカメラや顕微鏡を使って確かめた。

● インターバル撮影での観察

2021年と2022年で合計721時間、6万7058枚のネジバナの写真をインターバル撮影して、花にどんな虫が来ているのかを調べた。

2021年は6月20日から8月1日まで、小石川植物園でカメラ2台を使って撮影した。朝6～10時までは1分に1回、夜19時30分～3時までは1分から40秒に1回、ネジバナの様子を撮影した。昼夜合わせて139時間、撮影した写真は9052枚だった。

2022年は6月10日～7月25日まで、夜間を中心にインターバル撮影をした。4～5台のカメラを1～3カ所に分けて設置し、合計582時間で5万8006枚を撮影した。インターバル撮影は風が強いとピントが合わず、うまく撮影できなかった。天気予報を毎日確かめて、雨が降らない時間に撮影した。ネジバナは、近くに生えているものを何本か集めて撮影した。

採集した虫の観察結果

作ったわななどで捕まえた虫は、小さなハエやハチ、クモばかりだった。黄色い虫取りシートについた虫を観察したけれど、花粉塊は付着していなかった。わなを仕掛けたのが暑い時期だったので、虫が少し干からびていた。やっぱりデジタルカメラで撮影したほうが、観察しやすいと思った。

小石川植物園のネジバナにとまっていたセマダラコガネは、観察すると口をずっと動かして花をかじっていた。頭に花粉塊のようなものをつけている個体もいた。冷凍したセマダラコガネの実験では、花の中に入れると花粉塊が頭にくっついた。セマダラコガネの体は大きいけれど、頭は2mmほどの幅しかないで、花の奥に頭を突っ込ませることができる。

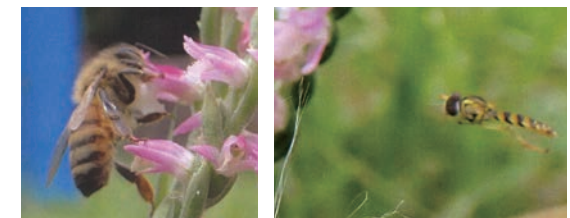
インターバル撮影での観察結果

● インターバル撮影で観察した朝や昼の虫

2021～2022年の日中に合わせて4267枚の写真を撮影して、どんな虫が来ているかを調べた。撮影した写真を確認して、毎日どんな虫が写っているかを記録した。朝や昼に来る虫は、花の蜜を吸うハチやアブが最も多か

● ネジバナの花に朝や昼に来ていた虫

	餌	虫の種類
蜜を吸う虫	花の蜜	ミツバチ
		ハラナガツチバチ
		ホソヒラタアブ
		アミメアリ
		トリバガ
蜜を吸わない虫	花粉や花	ハエの仲間 セマダラコガネ コアオハナムグリ
	植物の汁	ヒメナガカメムシ属の一種 カの仲間
		アザミウマ
	植物	ハムシ
	雑食	ダンゴムシ
	虫	クサカゲロウの幼虫



左上から時計回りにミツバチは朝来ることが多く花にいる時間は短い。ホソヒラタアブはハチに次いで多く、頭に花粉塊がついているものもいた。花びらをかじるセマダラコガネ、花に頭を突っ込んだまま口を動かすコアオハナムグリ

った。最も多かったミツバチは花茎の下の花からねじれに合わせて上へ進んでいき、蜜を集めていた。滞在時間は短いけれど、花から花へと移動するので、送粉していると思う。花がまっすぐ並んでいると上へ進みにくいようで、すぐに別のネジバナへと移動していた。

蜜を吸わない虫も日中、数は少ないけれど来ていた。セマダラコガネは花びらをかじって食べていたけれど、めしべは食べていないようだった。コアオハナムグリは頭を花に突っ込んで口を動かしていた。植物の汁を吸うヒメナガカメムシ属の一種とカの仲間は、花の中に体を入れているところを撮影できなかった。アザミウマは茎だけでなく、花の中にもたくさんいた。明け方たくさん見かけるダンゴムシは、日中ほとんどいなかった。

● インターバル撮影で観察した夜の虫

2021～2022年の夜だけで合わせて6万2791枚の写真を撮影し、夜間のネジバナにもたくさんの虫が来ていることを確認した。夜、蜜を吸いに来ているガやアリもいたけれど、蜜を吸わない雑食や肉食の虫が体に花粉塊をつけているのを観察できた。

夜に蜜を吸っている虫は、ガの仲間が多かった。天敵

● ネジバナの花に夜に来ていた虫

餌	虫の種類
花の蜜	ハエの仲間
	トリバガ
	ツトガ科ツトガ亜科の一種
	スズメガの一種
植物	アミメアリ
	甲虫の仲間
	ナガチャコガネ
植物の汁	ヨコバイの一種
	カの仲間
	イチゴチビナガカメムシ
雑食	ダンゴムシ
	コオロギの仲間
	ツチカメムシ
虫	クモ
	マキバサシガメ科の一種
死骸	シデムシの仲間



花を食べる雑食のコオロギ（左）、肉食のマキバサシガメ科の一種（右）

がいない夜のせいか、ガは長時間花にとまって蜜を吸っていた。けれども夜間、蜜を吸っている虫で、体に花粉塊をつけている例を確認できなかった。

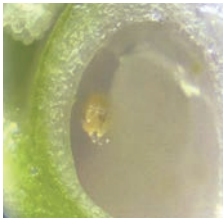
夜には甲虫の仲間やナガチャコガネ、ヨコバイの仲間など、植物そのものを食べたり汁を吸ったりする虫も数多く来ていた。ただこの種類も、体に花粉塊をつけているところは観察できなかった。

夜間、花粉塊を体につけていたのは、雑食のダンゴムシやコオロギの仲間、他の虫を食べる肉食のマキバサシガメ科の一種やシデムシの仲間だった。

● 蜜を吸わない送粉者と送粉の方法

①肉食の虫の送粉方法

夜間の写真を観察すると、蜜を吸わないはずのクモが花に体を入れていた。これは花の中に餌になる虫がいるということだろう。ネジバナの花をカミソリで切って顕微鏡で調べると、花の奥にアザミウマが動いてい



顕微鏡で観察したネジバナの中のアザミウマ

た。めしべの先にくっついて死んでいるアザミウマもいた。56匹のアザミウマを調べたけれど花粉塊はついておらず、受粉の役には立っていない。今回の観察で花粉塊がついてたマキバサシガメやシデムシなど肉食の虫は、アザミウマを食べに来た時に体に花粉がついたのかもしれない。

②花びらを食べる虫の送粉方法

インターバル撮影での観察から、セマダラコガネは花

を食べることで、花粉塊を露出させているのが確認できた。この時、花を食べながら、花粉塊をつぶしているようにも見えた。塊をつぶして体に花粉をくっつけて、他の花のめしべまで運んでいるのかもしれない。コオロギも花をかじったり中に頭を突っ込んだりして、体に花粉塊をくっつけていた。体についた花粉塊を落とそうとしているようで、時間が経つうちにだんだん塊が小さくなっていた。

③ダンゴムシの送粉者としての高い可能性

セマダラコガネやコオロギよりも、たくさん来ていた虫がダンゴムシだ。インターバル撮影での観察では、毎日朝方に数多く現れた。ダンゴムシは花びらやしおれた花を食べて、花粉塊を露出させて体にくっつけていた。ダンゴムシは花茎を歩き回することで、あちこちへ花粉を運んでいく。この時、ねじれたネジバナだとダンゴムシについた花粉塊が花の中へ届きづらく、受粉の可能性は高くなさそうだった。けれど、まっすぐなネジバナの花だとダンゴムシの脚が花の中へと入っていて、付着した花粉がめしべにくっつく可能性が高そうだった。

観察では明け方に大量のダンゴムシがネジバナへと上っていたので、これだけたくさん来て歩き回っているなら、ダンゴムシによる送粉の可能性は高いと思った。



ダンゴムシの送粉実験

蜜を吸わないダンゴムシが、予想どおりに送粉者になっているのかどうか。確かめるために実験をした。

● 実験の方法

ネジバナのつぼみがついた鉢植えを他の虫が入れない細かな目の網袋で覆い、袋の中に200匹ほどのダンゴムシを入れた。暑さでダンゴムシが死んでしまわないように日陰に置き、餌やりと水やりを毎日行ってネジバナが受粉するかどうかを確かめた。

● 受粉結果

花が終わったネジバナを調べたところ、受粉しているものとしていないもの、両方があった。受粉できたものは、ダンゴムシが送粉者となった例だと思う。ダンゴム

シにネジバナが食べ尽くされないように早めに収穫したことや、枯れたものがあつたせいで、観察できたネジバナは少なかったけれど、ダンゴムシはネジバナを受粉させることができると思った。

花の上半分と下半分の色が違う理由

昼と夜で受粉させてくれる虫の種類が違うなら、ネジバナはどちらの虫にも見つかりやすい工夫をしているかもしれない。そこで、日中に上から見たネジバナの花と、夜に下から見たネジバナの花の写真を比べてみた。

その結果、昼に上のほうから撮影したネジバナの写真はピンクがとても目立っていた。夜に下の方から撮影したネジバナは、下半分の白い部分がとても目立っていた。ネジバナの花は、下から見ると白い花だった。

結論と考察

● ねじれとまっすぐがある理由

2020年までの研究では、栄養を節約して短い茎に花をいっぱいつけ、花を虫に見つけてもらいやすくするには、らせん形にねじれているほうが得という結論になった。ネジバナにハチが通れない細かな目の網をかけると、ねじれたものよりまっすぐや変わり咲きのほうが花の受粉率が高くなった。インターバル撮影の結果、昼は天敵に狙われにくいハチがたくさん来て、夜はゆっくり歩く虫がたくさん来ている。夜に来る虫は花がまっすぐ並んだ花のほうが歩き回りやすく、花粉塊を運びやすいのかもしれない。どの花茎が得か来る虫の種類によって違うので、どんな場所でも種を残せるように、ねじれネジバナとまっすぐネジバナの両方が存在するのだと思った。

● 新しい送粉の方法について

図鑑や論文には、ネジバナはハチが受粉させていると書いてある。けれど観察してみると、ネジバナにはハチ以外にもたくさん虫が来ていた。

①ネジバナの中には受粉の役には立たないアザミウマがたくさんいる。クモが花を移動しながら体をつっ込んだり、マキバサシガメが体に花粉塊をつけていたりしたので、肉食の虫がアザミウマを食べることで送粉している可能性があると思った。ネジバナはアザミウマを花の中へおびき寄せることで、肉食の虫に受粉を手伝わせているのかもしれない。

②ネジバナは、蜜を吸わない雑食の虫に花びらを食べさせることで受粉していると思った。ダンゴムシやセマダラコガネ、コオロギは花をかじって花粉塊を露出させ、花粉を体につけていた。特にダンゴムシは明け方に数多く現れてネジバナの上を歩き回り、送粉している可能性が高いと思う。ネジバナと似たムスカリの花を調べ

ると、ダンゴムシが来ることはなかったの、ネジバナは受粉のために食べやすい花に進化しているのかもしれない。

③花の上がピンクで下が白いの、昼に上から来る虫と、夜に下から来る虫に見つかりやすくするためかもしれない。送粉する虫が昼と夜とで違うから、ネジバナは1つの花を色分けするように進化したのかもしれない。



上から見るとピンク（左）、下から見ると白（右）ネジバナの花

指導について

熊谷さんの地道に自然を見つめ、次々と課題に取り組み新たな発見をする行動力にいつも感心しています。私が初めて研究相談に乗ったのは、熊谷さんが小学2年の2021年4月で、保育園の頃から始めた2年分の研究の話を聞かせてくれました。自然のこと、中でも特に植物に強い興味を持っていることがとてもよくわかりました。

それ以降、熊谷さんは自主的に小石川植物園(東京大学大学院理学系研究科附属植物園)や千葉県立中央博物館にも研究相談に赴き、多くの研究者と話をすることで、どんどん研究を深めています。その成長のスピードには目を見張るものがあります。

その後も私は継続的に研究相談に乗っていますが、熊谷さんは、毎回たくさん調査結果を携えて会いに来てくれます。その際、こちらの問いかけにいつも自分の言葉で答えてくれるので、しっかりと研究に取り組んでいる様子が伝わります。この賞を励みに、今後も研究に取り組んでくれたら嬉しく思います。

神奈川県立生命の星・地球博物館 学芸員 石田祐子

審査評

ネジバナの花序がなぜねじれているのかという疑問はポリネーションとの関係で興味をもたれていますが、最近の論文では、ねじれない花序の方が実がよくできる(受粉率が高い)という事実が発表されており、その謎は解明されていません。この研究も、なぜねじれているかという疑問から出発していますが、これまでにない2つの特色によりユニークな研究にまわっています。1つは、花に良い香りがあるという、夜に花に来る昆虫をポリネーターとして利用する花の特徴に注目していること。もう1つは、夜間に活動するポリネーターに注目していることです。観察方法として自動撮影カメラの使用がとても有効でした。その結果、ネジバナというマイクロハビタット(微小環境)で、昆虫ばかりでなくクモやダンゴムシまで多様な生物が生活を営みながら交流し、ネジバナの送粉にも役立っているかもしれないという壮大な事実が浮かび上がってきました。精度を高めて行けば、さらにりっぱな論文になると期待されます。

審査員 邑田 仁

糸満市真栄里海岸におけるオカヤドカリの研究Ⅱ ～オカヤドカリの宿貝について～

沖縄県糸満市立糸満南小学校 5年 上原諒

研究のきっかけ

小学校近くの真栄里海岸は700mほどの砂浜が続く半自然海岸で、姉はここで645種の貝類を採集調査した。調査を手伝っているうちに、ここには天然記念物のオカヤドカリがたくさんいることに気がついた。1987年と2006年に行われた沖縄県教育委員会によるオカヤドカリの調査では、この海岸は調査ポイントに入っていない。

2021年に目視だけで調べたところ、オカヤドカリ、ナキオカヤドカリ、ムラサキオカヤドカリ、オオナキオカヤドカリの4種が生息していることがわかった。この海岸には沖縄県による護岸整備計画や、糸満市による物流団地の造成計画もあり、工事が始まったらオカヤドカリの生育に影響が出るかもしれない。工事が始まる前にオカヤドカリの生息状況と、オカヤドカリが生きていくのに必要な宿貝について詳しく調べようと思った。

オカヤドカリとは

ヤドカリは節足動物門、甲殻上綱、十脚目、異尾下目の生き物だ。左右に五対10本の脚がある。最初の二対はハサミ脚（第一歩脚）と呼ばれ、次の二対は歩脚（第二、第三歩脚）と呼ばれている。歩脚はヤドカリが歩くための脚だ。残りの二対が第四、第五歩脚で、他と比べ短く、貝殻の中にあって宿貝を支えるために使われる。第四、第五歩脚があるのは腹節という場所で、ほとんどが右にねじれた形をしている。貝類の9割ほどが右巻きなため、入りやすいように腹節もねじれているわけだ。ヤドカリの眼は複眼で、眼を支える部分は眼柄といって、種類を見分けるポイントのひとつとなる。触覚は短いものと長いもの、二対あってにおいや危険を感じるのに役立つ。

オカヤドカリは海のヤドカリから進化した、子供のうちは海中、大人になると陸上で生活する。陸上について



もエラ呼吸をしていて、貝殻の中にある空気を含んだ水で常にエラを湿らせ、呼吸をしている。雑食性なので、「海の掃除屋さん」と呼ばれている。

調査の方法

2022年4月16日、5月22日、6月22日、7月18日、7月24日、8月9日、8月14日に、真栄里海岸の①海岸北側にある遊歩道沿いの防災林、②A区間北側にあるガジュマルの木の下、③A・B区間の間にある水路付近で調査をした。

調査の方法としては、天然記念物であるオカヤドカリに触れられる許可が下りるまで、観察をしたり写真や動画を撮ったりして記録した。6月24日に文化庁と糸満市教育委員会の現状変更許可が取れたので、以降は捕獲して観察、計測した後にすぐ元の場所に戻すようにした。

捕獲の際にルールを設け、①3分間で見つけられるオカヤドカリを捕獲し、左第二歩脚指節長と、可能な場合は前甲長をノギスで計測して記録した。②オカヤドカリの数が特に多いポイント②では、1m×1mの枠の中にいるオカヤドカリを捕獲し、記録を取った（方形枠定量調査）。③宿替え行動をするオカヤドカリの様子を動画に撮って観察した。

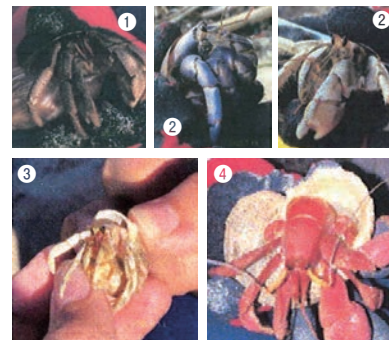
調査結果

● 調査ポイントごとのオカヤドカリの数、種、大きさ
今回、調査した結果は下記のとおりだった。

● 今回の捕獲による調査結果

調査場所	方法	調査日時	捕獲数匹	オカヤドカリの種と捕獲数	左第二歩脚指節長 最短・最長・平均 mm
①	3分間捕獲	8/9 19:00	9	㉠ 5、㉡ 3、㉢ 1	12.18・21.26・17.78
②	3分間捕獲	7/18 17:30	21	㉡ 20、㉢ 1	11.58・20.68・15.5
②	方形枠 定量捕獲	7/24 9:00	105	㉡ 4、㉢ 77、㉣ 24	2.66・13.34・5.45
③	3分間捕獲	8/14 16:50	65	㉡ 40、㉣ 25	0.96・7.51・5.18

①防災林、②ガジュマルの木の下、③水路付近、㉠オカヤドカリ、㉡ムラサキオカヤドカリ、㉢オオナキオカヤドカリ、㉣ナキオカヤドカリ、㉤不明



①オカヤドカリは真っ黒な眼と眼柄が平たい、体も黒っぽく大型化する ②ムラサキオカヤドカリの大型の個体は紫色、白っぽい個体もいる。眼柄の下に黒色の斑がない ③ナキオカヤドカリの色はさまざま、ハサミの外側に大きな斑点、あまり大型化しない ④オオナキオカヤドカリは準絶滅危惧種、眼と眼柄が丸い、大型化する

● オカヤドカリの宿貝

38種の巻貝が宿貝に使われていた。最も多かったのは、マルアマオブネで27匹（13.5%）だった。貝の科で分類すると全16科が使われ、アマオブネ科、オニノツノガイ科、アクキガイ科のような岩場の貝が多く、ムシロガイ科やタマガイ科のような浅瀬の砂地の貝もあった。陸貝ではリングガイ科やアフリカマイマイ科も使われていた。

● 左第二歩脚指節長と宿貝の関係

左第二歩脚指節長の平均が15mmを超える大型のオカヤドカリは、スクミリンゴガイや、アフリカマイマイ、チョウセンサザエを宿貝にしている。左第二歩脚指節長の平均が10mmほどの中型のオカヤドカリは、ツノレイシヤリスガイ、フトスジアマオブネを利用している。平均が1～3mmで特に小さいオカヤドカリは、カヤノミカニモリやリュウキュウミニナ、オオシマカニモリ、ヒメオリイレムシロ、レイシダマシ、ヨフバイモドキなど、小型の貝殻を使っていた。

● オカヤドカリの宿替え行動

砂浜にオカヤドカリが群がっていたので見てみたら、ひとつの空いたリスガイをめぐる争っていた。何回か争いを繰り返すうち、そのリスガイの持ち主は決まった。観察を続けると、勝ってリスガイに入ったオカヤドカリがそれまで利用していたカンギクに別のオカヤドカリが引っ越しし、それで空いたマルアマオブネに別のオカヤドカリが引っ越しし、さらに空いたトウガタカワニナにも別のオカヤドカリが入り、最後に残った小さなウミニナカニモリにはどのオカヤドカリも関心を示さず解散した。

引っ越しで空く貝殻に、次々と体の小さなオカヤドカリが入っていく様子が確認できた。最初の争いが繰り広げられている時から、小さなオカヤドカリが自分より少し大きなオカヤドカリの貝殻を狙って、貝を後から抱きかかえるようにくっついている様子も見られた。

考察と感想

去年は観察のみだったが、今回は現状変更許可をとり、

オカヤドカリ、ナキオカヤドカリ、ムラサキオカヤドカリ、準絶滅危惧種のオオナキオカヤドカリを、合わせて200匹記録した。

海岸の隣りの防災林では大型のオカヤドカリがスクミリンゴガイやアフリカマイマイを宿貝にしている、チョウセンサザエのように大きくて丈夫な海貝を宿貝にしている個体が少なかった。護岸沿いにあるガジュマルの木の下には、さまざまな大きさのオカヤドカリが生息し、浜辺中央の水路付近は小型のオカヤドカリが多く生息していた。

宿貝として利用される貝は38種を見ると、小型のオカヤドカリが利用できるものは種も数も豊富にあるが、中型以上が利用するとなると限られる印象だ。

オカヤドカリは浜辺のそうじ屋さんと呼ばれる大切な存在で、真栄里海岸は貴重な生息場所になっている。オカヤドカリを減らさないために、宿貝となる貝の育つ環境を守っていくことが必要だと思った。

指導について

沖縄ではよく見かけるオカヤドカリですが、天然記念物だということは意外に知られていません。沖縄は開発や埋立工事により自然の海岸線が激減し、海岸の生物にとって厳しい環境になりつつあります。調査場所も人工護岸と天然の砂浜のある半自然海岸ですが、護岸工事の計画があり、生息状況を記録しておく必要があると思い調査を始めました。天然記念物は触れることができないため昨年は観察調査のみでしたが、今年は教育委員会の協力で現状変更許可を得られたため、オカヤドカリを捕獲し大きさの計測などができ、研究に深みが出て良かったと思います。こどもの興味に沿って先行研究を調べてわかりやすく説明し、小学生にもできる科学的な研究方法は何かということと一緒に考え、親子で楽しみながら取り組みました。オカヤドカリに触れ、研究を通して「沖縄の自然を守りたい」という気持ちが大きくなったことが何よりの学びです。

上原之映

審査評

文化財保護法の現状変更許可を取得して、糸満市真栄里海岸に生息する4種のオカヤドカリを対象に、2022年4月から8月にかけて実施した7回の現地調査の報告です。「オカヤドカリの宿貝について」という副題が付いていますが、実際は宿貝ばかりでなく、観察地で見つかった4種類 200個体のオカヤドカリの種別の生息状況、見つかった個体のサイズ（左第二歩脚指節長と前甲長）、種別の色彩変異、宿貝の種類とその殻の状況などを克明に調べた大変質の高い研究です。

日本には7種のオカヤドカリが生息していますが、その全種が国の天然記念物に指定されており、サキシマオカヤドカリやオオナキオカヤドカリのように絶滅危惧種や準絶滅危惧種として環境省のレッドリストに掲載されているものもあります。上原さんが調査を行った真栄里海岸は沖縄県や糸満市による開発計画があり、それらが実施されればオカヤドカリ類の生息にも影響することが予想されます。この研究で得られたさまざまな知見はこれらオカヤドカリの今後の保護活動にも大きく貢献することが期待できます。

審査員 友国雅章

イモリの研究 ～模様の遺伝・イモリの謎に迫る～

静岡県掛川市立大坂小学校 5 年 伊藤映人

研究の目的

アカハライモリは田んぼや池、川の淀みなど流れのない淡水にすむ両生類の生き物だ。寒天質に包まれた卵が水中の水草などに産みつけられ、孵化して水中で幼生となる。幼生には外鰓があって、最初はおたまじゃくしのように脚もない。幼生は水中で小動物を食べ十分に成長すると、外鰓が消えて大人と同じような形の幼体となる。幼体は水から陸へと上がって森や林などで暮らし、冬眠を経て再び水域に戻り、成熟した大人に成長する。

小学3年生の時、知人のイモリ師匠からアカハライモリ4匹を譲り受け、3年間育てている。最初の年は産卵や孵化、幼生の飼育などを初めて経験し、驚きと喜び、苦悩の連続だった。2年目には、孵化した幼生が幼体（丘イモリ）となった。初めての冬眠から再び水中に戻るまでを観察し、さまざまなことがわかってきた。

図書館で借りた関慎太郎氏のイモリの写真絵本（2019年3月発行）には、「じつは、りくにあがった こどものイモリが、どこで どんなくらしを しているかは、よくわかっていません。」と書かれていた。ここまでの飼育や観察で得られたデータを独自の視点で考察し、イモリの謎を解き明かしていきたい。

研究の方法

アカハライモリの産卵時期は4～6月ごろだ。1シーズンに複数回産卵する。3年生の時、譲り受けたイモリ4匹からは407個の卵を採取し、270個が孵化した。孵化した幼生は27匹を飼育し、陸上生活をする幼生、丘イモリまで育ったのは7匹だった。この時の飼育から、「天気に関係なく、湿度や気温が低いほうがメスは産卵しやすく、高いと産卵しなくなる」「卵が孵化するまでの様子」「気温や湿度が上がる とエサが減り、水質が悪化し、幼生は生存しにくくなる」などがわかった。この時、孵化した幼生の7月末までの生存率は1%だった。

4年生では「1匹のメスがどれだけ卵を産むのか」をテーマに、



一組のオスとメスのペアから150個の卵を採取し、112個を孵化させた。28匹の幼生を育て、そのうち6匹が丘イモリとなった。前年の教訓から気温や湿度の変化、水質の悪化に気を配り、水草の根ごと切って卵を傷つけないように採卵した。孵化した幼生の7月末までの生存率は19%まで上昇、この時はその他「15℃以下でエサを食べる量や活動が減る」「気温が上がるほど活発になり、下がるほど鈍くなる」などがわかった。

また、大人イモリと、家で生まれた丘イモリを飼育することで、初めて冬を越して丸一年の生態を観察することができた。冬眠の方法を本やインターネットで調べたり、イモリ師匠に質問したり、実際に観察したりして、「冬越しに適した場所」「冬眠と気温の関係」「冬眠と採餌の関係」「冬眠は77日間」「イモリの陸上生活は約332日間」「産卵から再び水中生活に入るまで約455日間」「陸上の幼体は動くものしか食べない」など、丘イモリの謎がいくつも明らかになった。

この時の研究では、時とともに幼体の腹の模様が親と似たものに変わることから、「親のお腹の模様が子供に遺伝する」傾向にも気がついた。ただ、どう模様が変化して、いつ変化が終わり固定するのか、新たな疑問も生まれた。さらに飼育を続ける中、「成長期はいつ?」「脱皮の回数やタイミングに決まりはあるか」「何がきっかけでエサを認識しているのか」「生態と気温に関係はあるか」など、いくつも新しい疑問がわいてきた。

今回の研究では、最初に譲り受けた大人のイモリ4匹、小学3年生の時に生まれた幼体(中)6匹、4年生の時に生まれた幼体(小)4匹（親はメスが「かぶきやくしゃ」、オスが「コアラのマーチ」という名の大人イモリ）を飼育して気温(室温)、湿度、天気、エサの量、その他の成長の変化を細かく記録する。観察を通じて、今回明らかにしたい疑問と関連しそうな事象を、表やグラフにまとめて考察する。本やインターネットも活用し、自分なりの考えをまとめた。

研究の実際

●お腹の模様は遺伝するのか

幼体(中)は成長するにつれて、模様がどんどん増えて大人のようになっているので、模様は遺伝すると仮説を立ててお腹の観察を続けた。

その結果、幼体(中)は2022年2～4月から模様の変

化が見られたが、5～8月により大きく模様が変わった。「しまうま」という名前の大人と似た、黒の部分が多い模様に変化した。幼体(小・「キロのすけ」という名前)は2022年3月まではなかった模様が8月には現れ、親である「かぶきやくしゃ」と、「コアラのマーチ」の模様に似てきた。模様は遺伝するとわかった。



幼体(中)

お腹の模様は幼体(中)や幼体(小)など体が未完成のものは変化し、大人は全く変わらないことも確認した。大人イモリの推定年齢から、模様は4歳で決まると考えられる。その他、アカハライモリのお腹の模様は赤いはずなのだが、家で生まれた幼体(中)は黒くなってしまった。現時点では、家で育ち外敵を威嚇する必要がないから、赤くならなかったのではないかと推察している。

●イモリの一生を予想(ここまでわかったことから推測)

個々の大人イモリの産卵状況や、誕生から家で育てた幼体(中)の産卵状況から、イモリの寿命は7年だと思われる。孵化はしなかったが、2歳の幼体(中)が産卵した。イモリは2～6歳で卵を産むと考える。

- ・0～1歳＝水中の幼生から丘イモリ幼体(小)へ成長
- ・1～2歳＝丘イモリ幼体(中)から不完全成体(水中で生活)へ成長、卵も産むようになる
- ・3～4歳＝大繁殖期、完全成体(大人)となっている
- ・5～7歳＝繁殖期が終わり死を迎える

また、個体ごとに記録している体重の変化から、成長期はいつかも考察した。各個体の体重記録から、世代ごとの体重増減の割合を算出した。さらに各世代1匹当たりの体重増減の割合を算出し、比較した。その結果、最も体重が増えていたのは幼体(小)だ。1匹当たりの体重におけるエサを食べた量でも、幼体(小)が最も多かった。大人の12倍を食べている月もあった(7月)。

また、2021年8月～2022年8月まで、各世代の1匹当たりの脱皮回数は大人6.92回、幼体(中)16.26回、幼体(小)0.5回だった。どの世代も脱皮する回数が多い月のほうが、脱皮しない月よりエサを食べる量が多かった。ただ、陸で生活する幼体(小)の脱皮は気づきにくく、正しい比較にならない。やはり、エサを食べる量が多く、体重が最も増える幼体(小)が成長期だと認定する。

●採餌についてわかったこと

アカハライモリがエサのアカムシを認識するきっかけは、色なのか、アカムシの汁なのか、においなのか。赤アカムシ、白アカムシ、赤い針金をそれぞれ口の前にたらし、2分以内で食いつくかどうかを調べてみた。赤アカムシに最も食いつくようなら色と汁、白アカムシなら汁とにおいや味、赤針金なら色がきっかけということになる。結果は赤アカムシには75%食いつき、白アカムシにも72.5%食いついた。赤針金には12.5%しか食いつ

かず、イモリはアカムシの汁でエサを認識していた。

イモリがエサを食べる量と気温の関係も調べてみた。エサを食べる量と気温には明確な関係があって、初冬から冬の気温がグッと下がる時期、食べる量が減る。春から初夏、気温がグッと上がる時期、食べる量が増える。真夏日が続くと食べる量が減る。気温16℃以下の日が12日間続くと冬眠する。冬眠は90日ほど。冬眠から90日ほど経つと本能的に目覚めることもわかった。

次回への課題

今回の研究でさまざまなことがわかったが、謎は残った。今後は体の模様を記録するため〇日に1回写真を撮る、1週間に1回体重を量るなど、規則を作って観察したい。変化がよりわかりやすく、謎が解明できると思う。

指導について

小さい頃から生き物が大好きで、カブトムシ、カエル、トカゲ…色々な生き物を観察飼育してきました。特に飼育4年目になるアカハライモリは、毎日気温と湿度を記録し、餌を与え、環境を整えて大切に成長を見守ってきました。産卵、たまごの中が変化していく様子を初めて見た時には、目を輝かせていました。水中生活だった幼生が陸に上がり、幼体となるまでの期間を目の当たりにし、生命の神秘を感じました。

4年間の研究では思い通りにならない事も多々ありました。困難にぶつかる度、様々な資料を調べ、飼育している人に話を聞き、自分なりの考えをもって根気強く取り組んでいく様子は、正に生物学者そのものでした。

今回の研究結果は、手探りで成長を見守り、溺れないか、餓死しないか、気を配りながら毎日自分で世話をしてきたからこそ解き明かせた謎だったと思います。地道に積み重ねてきたことが今回認めただけだ事で、未来が開けたような気がします。伊藤 愛

審査評

研究の動機に書かれている通り、「じつは、りくにあがった こどものイモリが、どこで どんなくらしをしているかは、よくわかっていません。」と文献を引用しており、誰も成し遂げていない謎に迫った壮大な研究であることがわかります。その謎も様々で、「お腹の模様は遺伝するのではないか?」、「イモリの成長期はいつ?」、「脱皮のタイミングに決まりがあるのか?」など多面的にイモリの生態について捉えています。秀逸なのは、その謎(問題)に毎日の飼育と観察で得た膨大な情報(事実)に基づき、考察し結論を得ていることです。これらの過程は、科学者が仮説を検証していく科学的な手続きであり、科学の世界を第5学年で既実践していることに驚かされます。また、結論には「推定で、4歳で模様は決まる」、「イモリの寿命は現時点の予想は7歳」など得た結論が確証ではなく、「推定」、「現時点」等の言葉を使い、これからもイモリの謎に迫る研究を続ける決意を感じることができます。素晴らしい追及の姿です。これからもぜひ研究を続けてください。これからの研究に、エールを送り審査評といたします。審査員 西尾克人

カイコと桑畑の生態系観察日記2022

予想・推理・仮説を愉しむ

神奈川県大和市立緑野小学校 3 年 赤羽深鳥

はじめに

第62回自然科学観察コンクールに佳作入選したことで、人生が変わった。町の情報誌に紹介され、校長先生から表彰を受け、作品を展示していただいた。2021 年まで3年間、家族だけでカイコの研究を続けてきたけれど、専門家のアドバイスをいただけるようになった。

カイコはガを人間が飼い慣らし、数千年かけて家畜化した虫だ。人間の手を借りながら、カイコは卵→幼虫→蛹→成虫と一生のうち4回姿を変える。卵で越冬して春先孵化するのが普通で、幼虫は4回脱皮して大きくなって（1～5令幼虫）、20～25日ほどで幼虫としての最後の時期を迎える（熟蚕）。熟蚕は体内に蓄えた液状の糸を吐きながらマユを作り、マユの中でサナギになる。やがて羽化した成虫は何も食べず、すぐに交尾、産卵してだいたい1週間のうちに一生を終える。

カイコの観察日記を記録し始めて4年目になった2022年、目標だったYouTubeでの動画公開を実現させた。カイコの観察動画を番外編を含め、40本作って投稿している。動画は合計すると8時間以上になった。

今回の研究では、シルクセンター国際貿易観光会館シルク博物館館長だった坂本堅五先生や東京農工大学の横山岳准教授、神奈川県立生命の星・地球博物館の渡辺恭平主任学芸員を始め、さまざまな専門家の知恵をお借りした。小学校の先生方にも、とてもお世話になった。

研究の目標

前回の研究では、飼育環境を改善してもあまり羽化率が上がらなかった。「熟蚕期を見分け、他の子にじゃまされないようにマユを作りやすいマブシ（カイコがマユを作る場所）を用意する」のが第1の目標だった。

第2の目標は、写真や絵では伝えきれない、ときめきポイントを公開し、カイコを飼う人を増やすこと。カイコのかかわいさを伝えたい一心で、動画も配信した。

第3の目標は、桑畑の生態系を調べること。週に3～4回は桑の葉摘みに出かけ、10種類以上の昆虫に出合った。そのうち数種類を家で飼育してみた。

第4の目標は、宇宙の自由研究で買ったマイクロレンズやマイクロスコープを使って、カイコを拡大して観察すること。新発見や新たな謎にワクワクする毎日だった。

第5の目標は前回、大きなテーマだった「科学者の脳を手に入れる」の続きだ。科学者への第一歩を踏み出したはずの私の脳は、今回どう鍛えられるのか。

追究を楽しむ

2022年7月18日から、3令幼虫10頭の観察を始めた。脱皮が近い幼虫が桑の葉も食べず、じっと動かない状態を眠という。10頭の中には眠の幼虫が交じっていて、

大きさはバラバラだった。幼虫が5令まで成長し、マユを作ってサナギになり、羽化して最後の1頭が死亡する8月29日まで、大まかな記録が下の表だ。

前々回は42.8%、前回は57.1%だった羽化率が今回は70%に上がった（糸巻き実験で死亡した健康なサナギは羽化すると仮定）。水性マジックで体に番号を書き、個別に熟蚕期の様子を観察できたこと。マブシを改良したことが原因だ。マブシは卵ケースを縫い合わせて暗い所を作ったり、卵ケースの凸凹をそのまま利用したり、ダンボールで区画マブシを再現したりして、4種用意した。今回、3頭はサナギになれなかったけれど、10頭すべてマユは作ったから、第1の目標はこれで達成した。

第2の目標のカイコのときめきポイントを紹介すると、「桑の葉を胸部腹脚で左右から挟んで、頭を上下に半円を描くように動かして食べる姿」「指や手にしがみつくようにつかまってくれること」「5令幼虫のムチムチした白い体」「桑の葉を食べるプチプチシャクシャクという音」「ふさふさモフモフした成虫の体」「メスが産卵する姿」だ。今回はオスが1頭しか羽化せず、1頭だけ交尾したメスが産卵せずに死んでしまい、その姿を見ることができなかった。本来の産卵はかわいさを超え、美しさを感じる感動ポイントだ。

第3の目標は、桑の木で見つけたクワコ2頭と、エサの葉に紛れていたクワノメイガの幼虫1頭などを飼育した。クワコはカイコの本種で似ているのだけれど、幼虫はもりもり食べるし、成虫はブンブン飛ぶし、野生のかおりがした。クワノメイガのほうは幼虫の様子がおかしいと思ったら、ガとは形が違う幼虫に成長した。サナギになった形を確認して、クワノメイガに寄生したハチだと断定した。残念ながら羽化不全となり、渡辺主任学芸員から細かい種の分類は不可能だと教えていただいた。



第4の目標、マイクロスコープによる観察は、拡大して初めて気づくカイコの模様にはびっくりした。オスメス判定はこれがなければ難しかったと思う。

最後に「科学の脳」を鍛えるため「予想」「ナゾ」「たんでいごっこ」「仮説」を意識して研究した。例えば、カイコの幼虫はマユを作る時以外にも糸を吐く。眠の時にじっとするため、口から糸を出して葉とつながると「予想」を立てた（確認できず）。カイコの脱皮殻の頭がなぜかトンボにそっくりだという「ナゾ」にも気がついた（いまだにナゾ）。勘違いしたり不思議な現象を見た時、パパとふたりで原因を推理する「たんでいごっこ」も行った。そして、マユ以外にも糸を吐くのは、糸の量が多い場所がカイコにとって居心地がよいからという「仮説」も立てた。カイコが1匹で育ちににくいのは、糸が少なくて寂しいからだという、飛躍した仮説だ。すぐに答えは出ない。でも考えをめぐらせて、今後の追究を楽しむ。

指導について

家庭内だけで観察を続けていた3年間の研究が、昨年佳作賞をいただき娘の転機になりました。自信になり、周囲の協力、専門家の先生方にメールでアドバイスをいただけるようになりました。3年間のデータ蓄積が役立ち、予想・推理・仮説をたてて考えるようになって、桑畑に通いつめては小さな生態系に驚きました。カイコの可愛さを伝えるための動画投稿(8時間以上、40本)を終え、結果や分析、図説を書き足して提出作品になりました。結論に至らない、仮説の証明の仕方が分からない、思い込みに惑わされる、等の多くの反省点がありますが、思考を楽しんで追究を喜ぶ姿を伝えようと思いました。

観察日記が中心のために、長文で写真や資料ばかりになってしまのですが、重くて読みにくい研究を審査、評価していただき感謝しております。ご協力、ご指導いただいた皆様のお陰であり、受賞の経験を生かして更に研究を発展させたいと思っています。 赤羽一俊

審査評

3年間のカイコの飼育から形態への興味を観察日記に書きとどめた結果、佳作賞を受賞。そこからの継続研究でカイコを愛する少女の「ち密な」記述に感嘆し、生き物の生存への戦略が垣間見えました。「結果と分析」によると3つのストレスによる観察で、具体的には、①高温と移動ストレスを与え、②5令期のカイコのオスメスの判定、③前蛹期の穴あけと耳かきカメラでの観察、による過去のデータとの比較、さらに父親との推理および対話を通しての考察など、と一方で専門家への質問、博物館訪問などあくなき探究心による可愛いカイコへの情熱と共にいてねいに取り組まれている姿勢に大きな共感を覚えました。これからも研究を継続されて、これまでの「推理」を活かして、仮説の設定、そしてカイコの観察と分析、さらなる仮説の設定と推理と観察・実験・推理の思考回路を活性化し、探究のプロセスをわかりやすく記述してカイコの生態系に迫ってください。より充実した成果を期待しています。

審査員 小澤紀美子

7/18	3令10頭、体長1.2～2.3cm、平均体重0.107g。
7/19	3令10頭、元気食欲なく眠のポーズが多い。
7/20	3令6頭・4令4頭、4頭が4令へ脱皮。
7/21	3令5頭（うち眠の状態1頭）・4令5頭、1.8～2.7cm、0.145g。
7/22	3令5頭（眠が4頭）・4令5頭、1.7～3.1cm、0.232g。
7/23	4令10頭、3令の残りが脱皮。2.1～3.4cm、0.232g。
7/24	4令10頭、よく食べる。2.5～3.7cm、0.358g。
7/25	4令10頭、よく食べる。2.8～4.2cm、0.487g。
7/26	4令9頭・5令1頭、眠を見逃し1頭が5令へ脱皮。2.2～4.2cm、0.603g。
7/27	4令8頭（眠が4頭）・5令2頭、4令4頭は食べている。5令の体長4.2と4.7cm、5令の平均体重0.78g。
7/28	4令4頭（眠が4頭）・5令6頭、5令の体長3.6～5.5cm、5令の平均体重0.915g。
7/29	5令10頭、4令残りが脱皮。3.7～5.5cm、1.162g。
7/30	5令10頭、よく食べる。4.3～6.2cm、1.448g。
7/31	5令10頭、資料の絵を基にメス7・オス3と判定（自信がない）。4.6～6.0cm、1.721g。

8/1	5令10頭、相模原市博物館ブログ写真を基にメス7・オス2・不明1と再判定。マブシを作る。4.6～6.5cm、2.019g。
8/2	5令10頭、マブシをセット。5.2～6.5cm、2.288g。
8/3	5令9頭・吐糸1頭、大きい子の食欲が落ちた。5.5～6.3cm、2.503g。
8/4	5令5頭・吐糸5頭、熟蚕期を見極めるため9頭にマジックで番号を書き（1頭は無印）、個別観察。5.4～6.2cm（1頭除く）、2.649g。
8/5	5令3頭・吐糸7頭。2頭がマユ作りを始めた。
8/6	5令1頭・吐糸9頭、昼ごろまで食べていた2頭が、夕方足場作りを始めた。
8/7	吐糸8頭・前蛹2頭、昼に5頭同時にマユ作り。できたマユを耳に近づけて中の音を聞いた。
8/8	吐糸6頭・前蛹3頭、サナギ1頭、2頭のマユに穴を空け耳かきカメラで観察、1頭は蛹になっていた。
8/9	吐糸1頭・前蛹6頭、サナギ2頭、蛹化不全1頭。耳かきカメラで観察したマユの1頭がサナギになりきれていなかった。耳かきカメラがストレスを与えた可能性があり、このカメラで観察した他の2頭にも異状が現れた。

8/10	前蛹2頭、サナギ6頭、蛹化不全2頭。後に蛹化不全がもう1頭いて、このあたりでは計2頭になっていたとわかる。それとは別に糸の薄いマユが1個あり、心配になった。
8/11	サナギ7頭、蛹化不全2頭、アミノ酸中毒1頭。
8/12	サナギ7頭、蛹化不全1頭、アミノ酸中毒1頭、8月9日に蛹化不全を確認した1頭が死亡した。
8/13	サナギ7頭、蛹化不全1頭。3頭分のマユをそのままの状態に残して残りを収穫し、マユを切り開いた。心配していた薄いマユの中で、アミノ酸中毒1頭の死亡確認（糸が十分吐けない幼虫は糸の成分が体に残り、アミノ酸中毒で死んでしまう）。
8/14	サナギ6頭、蛹化不全1頭。マユごと残した3頭のうち1頭を糸巻き実験用に使った。マユごと天日干しし、冷凍庫に入れたため、1頭が死亡。
8/15	サナギ6頭、蛹化不全1頭。マユを切ったメスのサナギ1頭をマイクロスコープ撮影。
8/16	サナギ6頭、蛹化不全1頭。実験用に冷凍したマユを鍋で煮て冷ました後、糸を巻き取り測定すると1367.24mあり平均的な長さだった。中のサナギは健康なオスだった。

8/17	サナギ6頭、蛹化不全1頭。成虫用の部屋を作り、サナギの重さを確認。マユごと飼育している2頭はマユごと重さを確認すると、1頭の重さがかなり減っていた。
8/18	サナギ6頭、蛹化不全1頭。サナギの腹が回り、色が変わり、シワが増えてきた。タイムラプス（静止画を連続撮影する方法）撮影開始。
8/19	サナギ5頭、蛹化不全1頭、成虫メス1頭。メス1頭が羽化、タイムラプス撮影を続ける。
8/20	サナギ5頭、蛹化不全1頭、成虫メス1頭。羽化したメスを観察。
8/21	サナギ4頭、蛹化不全1頭、成虫メス2頭。メスもう1頭が羽化。
8/22	サナギ1頭、蛹化不全1頭、成虫メス4頭、オス1頭。メスが2頭（1頭は音がしていたのでマユを切った）とオス1頭が羽化。
8/23	成虫メス5頭、オス1頭。メス1頭が羽化。残り1頭のマユを切り（まゆごと量り重さが減っていたもの）、蛹化不全で死亡している幼虫を確認。
8/24	成虫メス3頭、オス1頭。メス2頭が死亡。
8/25	成虫メス3頭、オス1頭。
8/26	成虫メス2頭、オス1頭。メス1頭が死亡。
8/27	成虫メス1頭、オス1頭。メス1頭が死亡。
8/28	成虫メス0頭、オス1頭。メス1頭が死亡。
8/29	成虫メス0頭、オス0頭。オス1頭が死亡

～飛ばしてキャッチ！！

遠くまで飛ぶペーパーブーメランのひみつ～

富山県富山大学教育学部附属小学校　５年　澤田利周

研究を始めたわけ

米村でんじろう先生のサイエンスショー「おもしろ科学館」へ行き、ペーパーブーメランにくぎ付けになった。ステージから客席へ向けて投げられたブーメランは、くると頭上を超えて奥の客席まで数十m飛び、ステージのでんじろう先生のところへ見事に戻っていく。けっこうスピードもあった。助手のチャーリー西村さんやえびちゃんが、ペーパーブーメランの作り方や飛ばし方のコツ教えてくれた。「まずは悩まず、思いついたことをやってみてください。悩んでいる間に夏休みは終わってしまいますよ」という、でんじろう先生の言葉に背中を押され、ほくもより長い距離を飛び、手元に戻ってくるブーメランを作ることにした。

実験の準備

●基本の3枚羽根ブーメランと投げ方

ブーメランの作り方は、厚紙から長さ15cm×3cmの長方形の羽根3枚を切り出す。長方形の片方の端の中心に長さ1.5cmほどの切り込みを入れる。3枚の切り込みを合わせて同じ角度になるように整える。かみ合わせて重なった部分をホッチキスで3カ所ほど留める。

投げ方は①ブーメランを親指と人指し指ではさんで立てて持つ。②ブーメランを後ろに倒し、手首とひじを曲げてふりかぶる。③ブーメランを立てたまま、まっすぐ前に投げる。手首をすばやく振ってスナップをきかせるのがコツ。④戻ってきたブーメランを両手ではさんでキャッチする。うまく投げられるように、がんばって練習しよう。

まずは予備実験として、サイエンスショーのグッズ販売で買ったペーパーブーメランをモデルに、3枚羽根以外にも、2枚羽根、4枚羽根の厚紙ブーメランを作って飛ばしてみた。

●予備実験とブーメランの測定法

予備実験を行うと、2枚羽根（重さ2g）のペーパーブーメランは回転がかからず手元に戻ってこなかった。3

枚羽根（重さ3g）はリビングで試すと戻ってくる。羽根を広げる角度はそろえたほうがよいようだ。4枚羽根（重さ4g）は3枚より安定しない。羽根に切り込みを入れなかったため、かみ合わせ部分が不安定で、羽根がぶらぶらしていた。十字に組み合わせ、羽根の角度は90度にそろえることができた。

この時の材料は工作用紙で、何度も投げると羽根が折れたり曲がったりした。紙に硬さがなく、飛行中の空気抵抗に負けて、羽根がブランブランしたのかもしれない。100円ショップで見つけたフニャフニャしない板目表紙に材料を変え、実験を進めることにする。

そのブーメランがどれだけ飛んだかを測定する方法は、風の影響を受けない室内でブーメランを飛ばし、巻き尺を使って飛行距離を調べる。途中で落ちた時は、投げ始めの位置から到達した最も遠い地点までの距離を調べる。ブーメランが落ちる、または手元に戻るまでの時間を測って、飛行時間とする。

実験 1 ～ 5

●実験1　ブーメランの羽根の長さは？

基本の3枚羽根ペーパーブーメランの羽根の長さを5～17cmまで2cmずつ変えながら、飛行距離と飛行時間を比べた。羽根の幅は3cmで統一し、5回ずつ投げた平均の結果は表のとおり。

羽根の長さ（重さ）	飛行距離	飛行時間	手元へ戻る
5cm（3g）	2.38m	2.59 秒	×
7cm（4g）	3.17m	2.97 秒	×
9cm（4g）	3.50m	3.47 秒	×
11cm（5g）	4.48m	3.28 秒	×
13cm（6g）	5.60m	3.64 秒	×
15cm（7g）	4.25m	2.68 秒	×
17cm（7g）	2.67m	1.95 秒	×

羽根の長さが短いと回転ががからず、空気の力を十分に受け取れなかった。長い羽根が飛ぶわけでもない。実験結果から羽根の長さは13cmに決定。短すぎず長すぎず、投げる時に手に当たらない程度の長さの羽根があれば、空気の力を羽根に伝えることができる。

●実験2　ブーメランの羽根の横幅は？

基本の3枚羽根ペーパーブーメランの羽根の幅を1～6cmまで1cmずつ変えながら、飛行距離と飛行時間を比べた。羽根の長さは13cmで統一し、5回ずつ投げた平均の結果は表のとおり。

羽根の幅（重さ）	飛行距離	飛行時間	手元へ戻る
1cm（2g）	3.01m	2.48 秒	×
2cm（4g）	3.11m	2.86 秒	×
3cm（6g）	5.32m	3.53 秒	×
4cm（8g）	4.76m	3.46 秒	×
5cm（10g）	3.99m	3.67 秒	×
6cm（12g）	3.95m	2.77 秒	×

ブーメランの幅は狭すぎても広すぎてもいけない。3cmがベスト。幅広になるとブーメラン全体が重くなって、飛行中に落下してしまう。重さもまた大切な要素だ。

●実験3　ブーメランの羽根の枚数と角度は？

実験1～2から羽根の長さ13cm、幅3cmのブーメランの羽根の枚数を2～6枚まで変え、飛行距離と飛行時間を比べた。2～4枚の羽根については、同じ枚数でも組み合わせ角度が異なるブーメランを比べ、違いが出るかも調べた。5回ずつ投げた平均の結果は表のとおり。

羽根の枚数（重さ）	組み合わせ角度	飛行距離	飛行時間	手元へ戻る
2枚（4g）	60度	4.70m	3.32 秒	×
2枚（4g）	90度	4.11m	2.41 秒	×
2枚（4g）	120度	4.19m	1.31 秒	×
3枚（6g）	Y字	3.36m	2.68 秒	×
3枚（6g）	120度	5.16m	2.77 秒	×
4枚（8g）	X字	2.61m	2.22 秒	×
4枚（8g）	90度	2.53m	2.60 秒	×
5枚（10g）	72度	3.20m	2.11 秒	×
6枚（12g）	60度	3.44m	3.18 秒	×

3枚羽根の120度が飛行距離も速度も安定しているのに比べ、2枚羽根は距離は伸びても予想以上に戻らない理由は何か。竹とんぼの羽根のような、ふくらみやねじれを取り入れてみたらどうなるだろう。

●実験4　竹とんぼの羽根の工夫を取り入れたら？

羽根の長さ13cm、幅3cmのブーメランの3枚羽根にねじれ、そり、ふくらみを入れ、それぞれの飛行距離と飛行時間を比べた。ねじれは羽根の先を自分に向け右側が上がるように（3・5・1mmの高さを試した）ねじる。そりは3枚の羽根先を中心から上にそらす。ふくらみは羽根を円柱に押し付け（茶筒と油性ペンで試した）、ふくらませる。5回ずつ投げた平均の結果は表のとおり。

ねじれ	飛行距離	飛行時間	手元へ戻る
3mm	3.34m	2.34 秒	○
5mm	3.20m	2.27 秒	○
1mm	1.56m	1.59 秒	×
そり	飛行距離	飛行時間	手元へ戻る
そりあり	3.32m	4.24 秒	×
ふくらみ	飛行距離	飛行時間	手元へ戻る
茶筒	4.01m	2.33 秒	×
油性ペン	4.42m	1.67 秒	×

羽根にねじりをつけることでブーメランが手元に戻ってくるようになって、大成功だった。3mmの飛行距離がよかったので、ねじりは3mmで進めることにする。

●実験5　羽根におもりをつけたら？

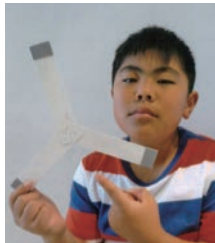
羽根の長さ13cm、幅3cm、3枚羽根に3mmのねじれを入れたブーメランを用意した。さらにおもりとして羽根の先にビニールテープを1～4回巻いて重さを変えな

がら、それぞれ飛び方を比べてみた。5回ずつ投げた平均の結果は表のとおり。

巻く回数（重さ）	飛行距離	飛行時間	手元へ戻る
1回（7g）	4.09m	2.95 秒	×
2回（7g）	5.54m	3.14 秒	○
3回（9g）	7.83m	4.37 秒	○
4回（10g）	7.47m	2.94 秒	×

3回巻きでついに、ベスト記録7.83mが出た。おもりをつけるベストポジションも確かめると、羽根先で間違いなかった。中心部を重くすると回転力が弱まる。おもりは外側につけるべきだった。

すべての結果、3枚羽根、羽根の長さ13cm、幅3cm、ねじり3mm＋そり＋まるみ、おもりのビニールテープを羽根先に3回巻いた、飛行距離7.83mの手元に戻るブーメランができた。



指導について

澤田さんは、自分にとって身近な「ペーパーブーメラン」に関心をもち、よく飛び、自分のところにしっかりと戻ってくるブーメランの条件を洗い出して、粘り強く追究していきました。

例えば、ブーメランを何度も投げて記録を残し、蓄積したデータを基に、問題を科学的に解決しています。また、ブーメランはシンプルな作りですが、その仕組みは複雑なので、様々な条件を1つずつじっくりと調べています。さらに、ブーメランがよく飛ぶ条件をより深く理解しようと、自ら自転車に乗ってぐるぐると回転して遠心力を体感するなどしました。ブーメランは、体を動かすことが大好きな澤田さんにぴったりのテーマであり、納得のいくまで、とことん突き詰める姿勢が光っています。

低学年からの学習を通して、澤田さんの問題解決の力が高まっていることが改めて分かりました。今後も、追究する姿勢や粘り強さを、授業や科学の研究に生かしていくことを期待しています。　富山大学教育学部附属小学校　保井海太郎

審査評

紙飛行機、竹トンボ、ブーメラン等は、身の回りにある素材で手軽につくれる遊び道具として人気が高いです。特に、ブーメランは、そもそも「飛ぶ鳥を落とすための狩猟道具」に使われていたものであり、人気が高いです。

本研究では、厚紙1枚からつくれるペーパーブーメランの秘密を解明した作品です。具体的には、飛距離を延ばすために、羽の長さや横幅、枚数と角度、羽根のねじれや反り、重り等に着目し、実験を繰り返していました。その結果、飛行距離が8m近くになるブーメラン（長さ13cm、横幅3cmの長方形帯3枚を120°に配置し、それに適切なねじれや反り、丸味や重りを付けたもの）を作製することに成功していました。ブーメランは立てて投げなければ戻ってこないが、そのメカニズムも、揚力や空気抵抗、空気の流れ等に注目し解き明かしていました。

作者がこの研究をした後の感想として、「自分がミニ科学者になった気持ちになれてとても充実していた」と述べていますが、そのような体験を何度か経験すると本物の科学者になると思います。　審査員　秋山　仁

「水草から出る気体」 根ほり葉ほり

東京都港区立青南小学校 4年 葉山楓悟

研究のきっかけ

2021年に、陸上の植物の葉っぱから出る水（蒸散作用）について調べた。二酸化炭素や日光を使って葉緑体で光合成をすると、葉っぱは酸素を出す。その時、葉っぱの気孔から蒸散作用で水（水蒸気）を出している。せっかく根から吸い上げた水を出してしまうのには、わけがあった。水の分子はくさりのようにつながっていて、蒸散作用で送り出さないと、新しい水の分子を吸い上げられないからだ。植物は生きるため、水と一緒に土の中の養分を吸収する。さらに、日光が当たって上がりすぎた葉っぱの温度を「うち水」をして下げる必要もある。そういうことを、2021年の観察や実験で学んだ。

今回は、周りを水で囲まれている水草が気になった。水草も葉緑体があるので、光合成をするはずだ。周りが水だから「うち水」の必要はなさそうだが、水草の葉っぱはどんなことをしているのか、調べたくなった。

調べたいこと1～2

●調べたいこと1～2の内容

水草は葉っぱから何を出しているのか。それは、水草の種類によって違うのか。水草も日光が当たれば光合成をして酸素を出すだろう。でも、周りが水の環境で、二酸化炭素をどう吸収しているのか。酸素や二酸化炭素が、どれだけ水に溶けやすいのかも調べたい。

●実験1～3

まず学校の研究クラブで、種類の違う水草が出す気体の量を調べた。水草の上に試験管を設置して、それぞれが出す気体を集めて量を比べた。その結果、水草が出す気体の量は種類によって違い、今回の研究ではよく気体を出すオオカナダモを使うことにした。

次にオオカナダモが出している気体は、酸素なのかどうかを確かめた。空のペットボトルの一方にオオカナダモを入れ、空気が入らないように注意しながら水を注いでフタをする。もう一方には水だけを注意深く注ぎ入れ、フタをする。水草入り水草なしのペットボトルはどちらも、水温が30



℃を超えないようにバケツの水で冷やしながら日光に当てた。日差しがない時は代わりにライトを当て、水草のボトル内に気泡ができるのを待つ。気体が十分溜まったらマッチの火を近づけてポツと音がするかどうかを確かめた。音がすれば、水草は酸素を出していることになる。

溜まった気泡の扱いに何回か失敗した後、2022年8月15～16日、水草を日光やライトに当てて溜まったボトル1本分気体を、漏斗を使って集めることに成功した。マッチの炎を近づけたら、ジャがいもの空気鉄砲のような小さな音で「ぽっ」といった。さらに、気泡が出ている別の水草ボトルを、日の当たらない場所に一晚置いてみると、翌朝、気泡の量が減っていた。減った気体を漏斗で集め、マッチの火を近づけると「ぽっ」といった。

実験1～3の結果、オオカナダモは日光が当たると光合成をして酸素を出すことがわかった。雨やくもり、水温が低いとあまり酸素を出さなかった。一晚置いたら気泡が減ったのは、水草が呼吸をして酸素を使ったからか、水から発生した気体がまた水に溶けたのか。水だけのペットボトルにも、気泡は発生した。もともと水に溶けていた気体が、温められて気化したからだと思う。オオカナダモが入ったボトルに溜まった気泡も100%酸素ではなく、水に溶けていた気体が含まれているはずだ。

●実験4

3本のペットボトルを水で満たし、酸素、二酸化炭素、窒素をそれぞれ同量注入する。3本のペットボトルを立て、水がどこまで入っているかマジックで印をつけて観察した。10時間後、二酸化炭素のボトルだけ激しく凹んだ。酸素と窒素は変化がない。二酸化炭素が水に溶けやすいことがわかった。

水温で溶けやすさに差はあるか、今度は3本のペットボトルを保冷剤の入ったバケツに入れて観察した。7時間後、二酸化炭素は常温の時よりも水に溶け、酸素もほんの少し溶けていた。窒素は変化が確認できなかった。

本で調べると、この3つの気体の中では二酸化炭素が最も水に溶けやすく、続いて酸素、窒素の順とあった。気体は温度が低いほど水に溶けやすいこともわかった。

調べたいこと3～5

●調べたいこと3～5の内容

オオカナダモが酸素を多く出す条件（日光の当たり方、光の色）を詳しく調べる。オオカナダモ以外の水草、バ

コパを使った実験もする。

●実験5

日光の当たり具合を変え、オオカナダモが出す酸素の量を比べてみた。ペットボトル5本を用意して、4本に同じ重さのオオカナダモを入れる。4本の水草入りボトルのうち3本を靴下で覆った。靴下の色は黒、灰、白の3色。5本のペットボトルに同じように日光やライトを当て、発生した気泡の量を比較した

水温23℃の8月19日は翌20日の夕方にかけて26時間ほど観察し、気泡の量は靴下なし＞白＞水だけ＞灰＞黒だった。水温30℃の8月23日は12～16時30分まで観察した結果、靴下なし＞白＞灰＞黒＞水だけだった。オオカナダモは日光がよく当たって明るく、水温が高いほうが活発に光合成をして、多くの酸素を出していた。

●実験6～7

野菜工場の野菜には紫色（赤＋青色）のライトを当てて成長を早めていると、研究クラブの先輩が教えてくれた。植物の光合成にはどの色が大切な、赤や青、緑のペットボトルで気泡の量を比べてみた。

実験6には、フェルトペンで赤、青、緑に塗ったペットボトルを使った。それぞれにオオカナダモを入れ、8月20日と21日の2回、日光に当てて発生する気泡を観察した。ところが2回の結果に統一性がなかった。

フェルトペンだと濃さが均等でないのかもしれないと思い、実験7ではペットボトルを同じ厚さのセロハンで覆うことにした。毎日の実験でオオカナダモが疲れていることも考えて、バコパを使ってみたが、どのペットボトルにも気泡が溜まらず失敗。バコパは全体を水に浸けると光合成ができないのかもしれない。それとも、入れる量が少なすぎたのか。

反省を踏まえ水草をオオカナダモに戻し、9本のペットボトルに9gずつオオカナダモを入れ、そのうち5本をセロハンで覆った。残り3本はフェルトペンで赤、青、緑色を塗り、残り1本は水草を入れただけにした。

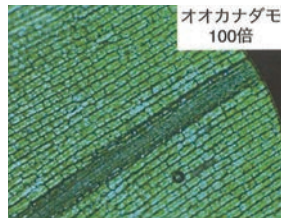
8月24日の日中、同じように日光に当てて観察した。その結果が、下の表だ。

	水草だけ	フェルトペン			セロハン				
		赤	青	緑	透明	赤	青	緑	黄
気泡の幅 cm	1.10	2.00	1.60	2.30	2.00	0.25	0.40	0.55	0.15

色別の実験結果にはばらつきがあったが、全体を通して光合成には赤が大切だと思った。極端だったのが、色セロハングループだった。水草だけやフェルトペングループより日光に当てる時間を延ばしたが、それでも明らかに気泡が少ない。光合成に必要な何か大切な光線をセロハンが遮り、正常に光合成が行われていないと感じた。

調べたいこと6～7

自作した分光器を使ってセロハンを通した日光を観察したが、大切な光線をセロハンが遮っているのかどうかわからなかった。最後に、光合成をする水草の葉っぱのつくりを顕微鏡で観察した。オオカナダモの葉っぱを2日間、何時間も確かめたが、気孔が見つからない。同時に観察したバジルやミントには気孔があった。水で囲まれた水草には気孔がなく、葉っぱの表面から直接気体の出し入れができることがわかった。



指導について

3年生の時に、野草の蒸散や呼吸に興味をもったことをきっかけに始めた研究です。根から離れた位置にある葉では、蒸散量が少ないのではないかと、葉の位置と葉から出る水の量の関係を調べました。そして2年目の今年は、葉が出す気体を調べようということで、気体が目に見える水草を選んで研究を進めました。始めは、葉の形と出てくる気体の量の違いを調べました。調べている時に水耕栽培では赤い光を使用していることを知り、植物に元気を与える色があるのではないかと、光の色を変えて出てくる気体の量の違いを調べました。ご家族の協力や先輩からのアドバイス、知識を生かして、楽しく研究を深めました。植物の姿をよく見て、それぞれに合った名前を付けるなど、日々の研究の積み重ねの中で、植物との時間を大切に、親しんできたことが受賞につながったと思います。次のテーマも見つかったようです。新たな植物の生きる力を発見してほしいと思います。 港区立青南小学校 教諭

審査評

昨年、陸生植物の蒸散について調べたことから新たに水草の葉に興味を持ち、今回の研究につながりました。いくつかの疑問がわき、それらを確かめる実験を計画しては実施するというスタイルです。この研究では途中多くの失敗が記録されています。操作での失敗や計画の問題などですが、失敗を素直に受け止め、何がいかなかったのかを考え次の実験に生かしていくという粘り強さがみられました。一連の実験から、水草であるオオカナダモは光が当たると酸素を出し、その酸素は水に溶けにくく、光合成には赤い光が有効であるという考察がなされました。このことは高校の教科書などには書かれていることですが、小学生が自分の興味から実験的に自分の力でその事実に近付いたという点が評価されました。この研究では、もう一つの課題として顕微鏡で葉の細胞と葉緑体を観察しています。オオカナダモは葉の細胞層が薄く、切片を作らなくても観察可能な植物材料ですが、別の水草「バコパ」は同じようには観察できませんでした。どのような工夫をすればオオカナダモのような顕微鏡像が得られるかを考えてみると良いでしょう。 審査員 木部 剛

ついに4年目 モグラをつかまえた！

東京都杉並区立浜田山小学校 5年 岡本悠

研究のきっかけ

小学2年生の時から、岡山県にあるじいじの家に帰省するたびに、もぐらをつかまえようとがんばっている。じいじの畑の謎の穴がもぐらのものだと知り、本当にもぐらがいるのか、確かめたくなった。もぐらが穴を掘るせいで野菜の根が浮かんで枯れることも、つかまえない動機のひとつ。この4年間、いろいろなわなや作戦で、もぐらと知恵比べをしてきた。でも、まだもぐらを見たことがない。地元の農家さんに聞いても、つかまえどころか生きたもぐらを見たことがないという。

それでもはじめは、簡単にとれるかなと思っていた。しかしもぐらは賢い動物で、わなの上を通ったり、横を通ったり、もう二度と通らなかつたりして逃げてしまう。わなを見に行くたびに、「もしかしたら」「今日こそ」とワクワクする。とにかく、もぐらをつかまえない気持ちでいっぱいだ。そして、会ってみたいと思う。

もし、もぐらをつかまえたらず、前足（手）を見てみたい。スコップで掘るのでさえ固い土を、小さな前足をドリルのように使って、ぐんぐん掘っていくから。そして、飼育して観察したい。もぐらは何時間寝るのか、どうやってミミズを食べるのか、土のトンネルを何秒で走るのか、知りたいことがたくさんある。

もぐらの生態ともぐら用語

この4年間で学んだもぐらの生態をまとめておく。もぐらのえさはミミズやカエル、幼虫など。毎日、体重の半分ほどの量を食べる。水も20～40mlは飲んでい。12時間何も食べないと死んでしまうそう。

もぐらは前にも後ろにも同じ速さで動ける。尾が短いのは、動く時にじゃまにならないためだ。方向転換は頭だけを穴に入れ、おしりを振ることで行う。もぐらは冬眠しない。冬はより暖かい地中深く（地下30cmほど）に道を作って、寒さ対策をする。逆に夏は地表（地下10～15cm）に道を作って涼しく生活している。大きな巣を持っているが基本的に単独行動で、ひとつの巣には1匹のもぐらしかない。

もぐら用語も、まとめておく。
本道^{ほんどう}というのはもぐらが毎日、何回も通る道だ。巣や



左がもぐら塚、右は地上の穴を掘り下げると地下で奥へ続くもぐらの道

トイレ、えさの貯蔵庫、えさを食べる場所、休憩所、水飲み場をつないでいる。

他道は数回しか通っていない道。遊び半分に掘ったか、危険を感じ遠回りする時に掘られた道。

そのほか、もぐら塚はトンネルを掘るのにじゃまな土を地上に押し出したもの。ぽこっとしてひび割れている。ナガエノスギタケはもぐらのトイレの上に生える白いきのこ。もぐらのふんの栄養をもらって成長する。

夏休みの活動

●2022年の作戦

2021年はえさでおびき出す作戦が失敗した。2022年はわなのまわりに石を置き、わなの横を通れないように工夫する。銀の筒型わなは、人間のにおいがしみついていて、もぐらがつかからないのだと思う。両端から中へ入る竹の筒型わなを作って仕かけたい。

軍手やスコップ、竹の筒型わな、銀の筒型わな、銀のかご型わな、大きな石、ペットボトルの落とし穴、落とし穴のふた、えさのミミズなどを用意することにした。

●夏休み1～9日目

夏に帰省すると、以前から本道ではないかと怪しんでいた場所を見に行った。穴があり、掘るとトンネルがどんどん続いている。やはりここは本道、もぐらの道は変わっていない。春休みにじいじと作った竹の筒型わなは、茶色くなって割れていた。新しい竹のわなを作る。1日目は2年生の時に買った銀の筒型もぐら捕獲器を仕かけた。

2日目、わなにもぐらはかかっていない。わなの中に土をつめ、横に新しい



じいじと切り出した竹でわなを作る



仕かけた銀の筒型わな

3日目、また横を通して逃げていた。3カ所ともだ。わなを2つ増やして5つにし、1カ所で2つを平行に置いた（平行作戦）。

4日目、頑丈にした石もどかせて通っていた。わなの中に土がたくさん入っていて、がっかりだ。平行作戦の横を通っていたので、わなを3つに増やした。ただ、銀の筒型わなの東の入口に土が入っていたことから、もぐらはこの道を東から西へ通っていることがわかった。

5日目、やはりもぐらはつかからない。なので、腐葉土作戦に出ることにした。腐葉土作戦とは、本道に腐葉土を置いてミミズをおびき出し、ミミズを食べるもぐらをわなにかけようというもの。腐葉土に水をかけ、ミミズが来るようにじめじめした土にした。

6日目、もぐらはつかからない。竹の筒型わなにべとべとの土がたくさんつまっていた。わかったのは、わなを仕かけている道にはえさになる生き物がたくさんいること。この道ももぐらが東から西へ進む道だということ。

7日目は休んで8日目、成果がないので、落とし穴作戦を開始した。以前の同じ作戦では、穴の中に土や虫が入っているだけだった。今回は竹の筒型わなも同じ所に仕かけ、わざわざ落とし穴の方へ行けるようにした。

9日目、竹のわなの下へ道を作って逃げていた。下を通るとは驚きだ。銀の筒型わなにも土をたくさんつまられていたので、穴にわなを食い込ませて、前以外は通れないようにした。今度こそ！

●夏休み10～12日目

夏休み12日目、ついにもぐらをつかまえてしまった。でも、死んでいた。

12日目、「今日もダメか」と思いながら土が入った銀の筒型わなを持つと、「重いな」と感じた。振っても土があまり出てこない。後ろからのぞくと、鼻が見えた。「わあああああー」びっくりしてもう一度見ると、毛皮も見えた。

思わずじいじを呼んだ。畑を大事にしているじいじは「でかした」と喜んでいたが、「死んでいる」というと、少しがっかりしていた。私はとてもがっかりし、落ち込み、悔しくて30分くらい何もできなかった。10日目、11日目の土日はサボってわなを見に行かなかった。そのせいでもぐらは死んでしまった。命の大切さを改めて知った。かわいそうなので観察の後、土に埋めた。

もぐらを小川で洗って観察すると、体長13.5cm、鼻は2cmほどで薄橙色、毛が生えて柔かい。前足（手）より鼻のほうが長く、小さいつぶつぶがたくさんついて

いる。このつぶつぶがアイマー器官で、わずかなにおいを察知し、振動で触れたものが何かを判断する。口にはキバがあった。目は退化してほとんど見えないが、耳は2万Hzまで聞き取れる。尾は短く後ろ足は短い。しかし前足（手）はグローブのようで手のひらが外を向き、貝のように硬く、石をもどかす力がある。

次回に向けて

その後も夏休み20日目まで活動を続けたが、もぐらはつかまらなかった。死んだもぐらの姿を見て、害獣にも命はある、これまで以上に命を大切にしようと思った。

だからこそ、次回こそは生きたもぐらをつかまえない気持ちでいっぱい。次回こそどんなに眠くてもさぼらず、朝夕に観察する。そして、生きたもぐらに会う！

指導について

大自然に囲まれた岡山。大好きなじいじ（私の父）の畑。初めは畑を荒らすモグラを捕まえて、じいじを助けたい一心のモグラ探しでした。

見えない土の中を予想し、謎の生き物に出会うワクワク感。スコップを土に刺すだけでモグラが通るかどうかの見分けもつくようになりました。しかし、モグラは賢かったです。罠を仕掛けても避けて通る等「悔しい」と言いながらも常に「もしかしたら今日は！」と毎日が新鮮でした。暑い中のモグラとの知恵比べ。何度もくじけそうになる事もありました。そんなピンチの時にいつも声をかけてくれる近所の農家の友達や通りすがりの人の優しい声。その言葉で娘にまた新しい力が加わり「ド根性」にパワーアップ！次第にモグラに会いたい気持ち（愛情）に変化していきました。モグラのトンネルは娘にとっての宝箱のようです。この研究にまだまだ終わりはありません。これからも納得のいくまでモグラとの知恵比べは続きます。 岡本直美

審査評

4年間という長期にわたり、「モグラをつかまえない」という決意に信念を感じる研究です。モグラを生け捕りにすることの難しさは、地元の農家さんの「私だって、80年ここに住んでいるけど、つかまえたことなんてないよ！」という言葉に表れています。また、モグラを捕まえるために検証した方法も多岐にあり、わなだけでなく「竹の筒型わな」、「銀の筒型わな」、「ペットボトル落とし穴」など試行錯誤した取り組みは、科学者が仮説を確かめるために検証方法を考え、実践している姿そのものです。夏、冬、春の長期休業中に祖父の家で、祖父の畑でモグラをつかまえようという強い願いは、その毎日の記録に表れています。そして、令和4年8月8日にモグラをつかまえることができたのです。祖父の「でかした！」という言葉に偉業を成し遂げた様子がうかがえます。ただ、モグラは死んでいたのです。「生命をこれまで以上に大切にしたい」と思っていることも素晴らしい姿です。小学校理科では、「生命尊重」が目標になっています。その目標を達成していると実感する姿です。また、新たな決意（課題）を発見しました。「生きたモグラをつかまえない」という決意（課題）です。来年度こそ「モグラを生け捕りにする」ことが実現することを願い、審査評とします。 審査員 西尾克人

池の色を変える微生物 part 2

茨城県結城市立結城小学校
6年 宮崎惟文

〔研究の動機〕

去年、池が青緑色になっているのを発見し、特定の微生物(アオコとよばれるドリコスペルマムやミドリムシ)が増えることで、池の色が変化することが分かった。今年は去年の研究で疑問に思ったこと(①アオコはなぜ大増殖するのか②ミドリムシの色素はなぜ変化するのか③3年前はきれいだった池に、なぜアオコが発生するようになったのか④富栄養化の原因の1つにある生活排水で本当にアオコが増殖するのか)を1つずつ実験しようと思った。

〔結論と感想〕

アオコはちっ素やリンの栄養が多くなることで、増殖することが分かった。3年前と比べると池には大量のカメがいてそのフンが栄養となり、池にアオコが発生するようになったのではないかと思った。生活排水では除菌と書いてある洗剤も含まれているのでアオコは死んでしまうと思ったが、増殖してとても驚いた。池とは違い、家では長期間アオコを培養することはできなかったの、栄養だけではなく、光や水温などもっと色々な条件が合うことでアオコが大増殖していくのだと思った。

ヨーグルトのひ・み・つ Part. 4 ～ヨーグルトの中の変化をさぐれ! 安心・安全な種継のために!～

茨城県阿見町立阿見小学校
4年 五十嵐瑛菜

〔研究の動機〕

ヨーグルトが好きなので、市販のヨーグルトに牛乳を混ぜてヨーグルトを作ること(以下、種継という)を1年生のときから行ってきた。すると、同じ温度で同じ時間ヨーグルトを発酵させているが、何日かするとヨーグルトは出来ずに牛乳のままであることがあったり、赤い点ができていたりすることがあった。不思議に思い、インターネットで調べたところ手作りヨーグルトは、作り続けているうちに雑菌が混ざったりすると乳酸菌よりも雑菌が増えてヨーグルトができなくなるということが書いてあった。そこで、ヨーグルトを種継していくとヨーグルトにどのような変化があるのかを確かめれば、安全にヨーグルトを種継できる回数や条件がわかると思い、研究を行うことにした。

〔結論と感想〕

ヨーグルトを安全に種継するには、①ヨーグルトに空気中の菌を入れない ②ヨーグルトに入ってしまった雑

菌を増やさないことが大切である。その際には、雑菌が繁殖しないように冷蔵保存もしくは冷凍保存する必要がある。ヨーグルトを作るときは、最低限の発酵時間である3～4時間、ヨーグルトがもっとも早くできる温度45～50°で発酵させる必要があると言える。しかし、ヨーグルトがいつも通りでいても目に見えない雑菌が入っているということがある。つまり、その雑菌が増えすぎないうちに、次のヨーグルトを買ってきて新しいヨーグルト種菌に変える必要がある。その目安が今回の研究の条件で9日であったことからおよそ週1回を目安に新しいヨーグルト種菌に変えるとよいことが分かった。

空を見て天気予報をしよう!!

千葉県印西市立原小学校
3年 藤倉美海

〔研究の動機〕

きょ年の自由研究で雲のかんさつをした。天気の変化は、雲の種類や、雲の動き、風や気温の変化にかんけいしている事がわかった。

今年は、きょ年の研究をもとに1時間ごとの天気を予ほうしようと思った。

〔結論と感想〕

空をみれば30分後や1時間後の天気はだいたい予ほうできた。しかし、今の天気がいつまでつづくのかや、雲が出るタイミングや雨がふりはじめる時や、止むタイミングがわからなかった。天気を予ほうするためには、見えている空だけではなくて、もっと広いはんいの空の様子や動きをみないといけない事がわかった。

カビを防ぐ最強の物 ～身近な食べ物が役に立つ～

千葉県日出学園小学校
4年 竹内希恵

〔研究の動機〕

スーパーで買い物をしていると「わさびとからしのパワーでカビを防ぎます」という内容の防カビ剤を見つけた。わさびやからしが本当にカビを防ぐのかを確かめたいと思い研究を始めた。また、わさびを使用した抗菌シートの効果が本当にあるのかも調べた。寒天や食パンなど素材を変えたり、わさびの濃度を変えたり、わさびの上の部分と下の部分では効果が違うのか色々なアプローチでわさびを研究した。

〔結論と感想〕

身近な食べ物でカビに一番効果があったのは、にんにくだった。予想では、わさびだと思っていたので思わぬ

結果に驚いた。実験を始める前はカビはゆっくり生えていくと思ったら、乗せた食べ物によって生える速さが違ったり、カビの色が違った。毎日の変化を観察してカビは生き物なんだと知った。研究の後半は、ふはいの臭いや発酵した臭いが強烈で文字では伝えられないほどで涙が出るくらいだった。にんにくがカビを防ぐ最強の食べ物だった。

ストームグラスは本当に天気を予測できるのか

千葉県日出学園小学校
6年 石橋 亮

〔研究の動機〕

去年の誕生日にストームグラスをもらいました。そこで、毎日のストームグラスの変化を記録してこのデータをもとに、なぜストームグラスは天気を予測できるのかという問いが生まれたため、これについて調べました。

〔結論と感想〕

ストームグラスをゆっくり冷やしたり、急に冷やしたりする実験により、ストームグラスは天気を予測できたり、できなかったりすることが分かった。しかし、確実な決まりなどは見つけることができなかった。また、東京で結晶を変化させるには、カンファーの量が難しいと分かった。

昆虫の体の部分べつ研究三年目 「羽のなぞをと き明かす」

神奈川県横浜市立西柴小学校
3年 二瓶圭之助

〔研究の動機〕

テレビでハサミムシのせなかに小さい羽があって、それを広げるとものすごく大きくなったのを見て、おもしろいと思った。「よくいるハサミムシの羽は、たい化しているはずだけど?」「こんな大きな後ろばねはどうやってしまっているの?」「他の昆虫はどんなふうにはばたいているんだろう?」など、羽についてたくさんのがうかんできた。そこで、そのなぞを【A.とびかたについて】【B.羽のこうぞうについて】【C.とぶ理由について】に分けて研究することにした。

1年生の時は「昆虫の足」、2年生の時は「昆虫の口」にちゅう目して研究して、くわしく分かったので、今年は「昆虫の羽」について研究してみようと思った。

〔結論と感想〕

・【A.とびかたについて】はばたく上の角どは、羽のはばに開けいしていた。下の角どは、後ろ羽がおりたたまれているものは60°から70°も下げていて、これは横に

広げた前羽でかじをとって、大きく広げた後ろ羽を下まで動かすことで前にすすんでいるのだと思う。

・【B.羽のこうぞうについて】すむ場所によって羽のこうぞうや、後ろ羽のおりたたみ方がちがっていた。また、羽がむき出しのものは水をよくはじくために、りんぷんやしみゃくのトゲなどがあった。

・【C.とぶ理由について】せい虫がとぶ一番の理由は遊び相手を見つけるため、幼虫はまだ体ができていなくて、羽がたい化したものは、かぎられたえさ場で出会うことができるのだとばないのだと思う。

・生かつのしかたがちがういろいろな昆虫をくらべること、羽のはばたく角どとおりたたみ方の開けいなど、新しい発見ができておもしろかった。

トノサマバッタの研究パート5 ～気温と、食べる草の量・成長の早さとの関係～

富山県富山市立堀川小学校
6年 船木壮太

〔研究の動機〕

小学2年生からトノサマバッタの観察・研究をしてきて、今年は小学校最後の研究となるので今までやってきたことのまとめになるような研究をしたいと思った。

昨年の研究では、気温の違いによるトノサマバッタの成長や活動の違いについて調べた。温度の違いと動く量を調べる実験では、何度も実験してオスもメスも暑い方がよく動き、特にオスの方がよく動くことが分かった。そして気温の違いと成長の早さを調べる実験も、2回実験して暑い方が早く成長することが分かった。

温度の違いによる食べる草の量を調べる追加実験では、草を食べる量は暑くても寒くても変わらないという結果になった。だが実験を30分で1回ずつしかしてなかったことと、成長の早さが早いのに食べる量が同じということに少し引かかった。

まずそれを解決するために、去年実験した温度の違いによる食べる草の量を調べる実験を観察する時間を変えたり、使うバッタの数を増やしたりするなど詳しく実験をすることにした。

そして今年は、昨年した気温の違いと成長の早さを調べる実験もさらに詳しく調べたいと思い、使うバッタの数を増やし大きさの違いなども調べることにした。

〔結論と感想〕

実験1では気温が低い時より高い時によく動いていた。実験2では暑いときに多く食べて、寒い時はあまり食べなかった。また、メスはオスよりも多く食べていた。実験3①での12時間で食べた草の量の合計は暑い方が寒い方に比べて多く食べ、特に暑い方のメスが多く食べることがわかり、実験3②では時間ごとに食べる草の量を調べ、結果は予想とは違い時間による食べる草の量は

変わらなかった。実験3③では、フンの量は暑い方が多く、特にメスが多いことがわかった。実験4では気温を変えたときの成長の早さや各令数の体の大きさを調べ、結果は生まれた時から成虫になるまえのすべての時期で暑い方が常温よりも成長が早かった。でも同じ令数での大きさを比べると、暑い方も常温も大きさはほとんど変わらなかった。

5年間トノサマバッタについて知るためにたくさん研究してきた。トノサマバッタの好きな草や、活発に動く時間、どんな気温だと多く食べるかなど、トノサマバッタについてたくさん知れた。5年間トノサマバッタの研究をしてみて予想と違う結果が出ると驚いて、結果がはっきり出るとうれしかった。トノサマバッタの自由研究をしてトノサマバッタのことをよく知れたし、トノサマバッタのことがもっと好きになった。これからもずっと虫捕りをしてまだ知らないことを調べて研究し続けていきたい。

セミ！ うるさい!! ②
ー庭のセミの研究ー

静岡県浜松市立都田南小学校
5年 酒井 杏

【研究の動機】

おばちゃんが、「セミの声がうるさくてテレビの音がよく聞こえない。」と言っていたので、一体セミは何匹いるのだろうか？と思ったのがきっかけです。研究を進めるにつれて、なぜオスがメスよりも早く羽化するのか、なぜ時期によってセミの好きな木が変わるのか、など、いろいろなぎ問いがわいてきたので、4年生に続いてセミの研究をしました。

【結論と感想】

1ヶ月間毎日、自分の家の庭でぬけがらをさがした結果、今年は198個のぬけがらを集めることができました。(昨年は224個)。昨年と今年で、オスがメスよりも先に羽化する理由を調べたけれど、どうしても分かりませんでした。これも、来年の課題としてもう一度調べたいと思います。この研究をして思ったことは、毎日、ぬけがらを集めるのが大変なことです。いやになることもあったけれど、がんばることができました。

マザーリーフの研究

静岡県浜松市立上島小学校
6年 小関乃愛

【研究の動機】

3年、4年、5年と計14種類の実験を行ってきた。
3年では、不定芽はどこからでてくるのか、必ずきまっ

た場所からでてくるのか、を中心に実験した。4年生では、葉の大きさや水ではない液体につけるとどうなるかを中心に、5年では気孔を中心に実験してきた。そこで今年は光合成を中心にして実験を行うことにした。

【結論と感想】

4種類の実験を行い次のことが分かった。

◎葉が水に完全につかった状態になっても不定芽・不定根は出てくる。◎葉を水中にしずめる深さは不定芽・不定根の発芽や成長にえいきょうしないが、葉を茎から切りはなす位置は関係している。◎どの深さの葉でも光合成はしていた。しかし、空気の量がそれぞれちがっていたためどの深さも同じように光合成をしていたとはいえない。

島根半島と宍道湖、
中海にみられる砂の中の化石のひみつ

島根県松江市立城北小学校
4年 宮下絢咲

【研究の動機】

休日に行われていた科学教室に参加したとき、砂の中にきれいな小さな化石（有孔虫の殻）が入っていることを知った。そして、授業では、沖縄の星砂を配っていたき、自分で星砂の標本をつくった。星砂はよくみると星型や太陽型、ヒトデ型があり、とてもきれいな形でうれしくなった。わたしの身のまわりにも宍道湖や中海、海岸などたくさんの水辺があるので、それらの砂の中にどんなすてきな化石が入っているのか調べてみたくなった。

【結論と感想】

きれいな場所にはきれいな有孔虫がたくさんいると予想したが、海などは塩分濃度が高くて、しかも流れのゆるやかなところ（湾）にしか有孔虫は見られなかった。宍道湖や中海は海と似た砂があるので有孔虫がいないので不思議だった。追加実験から、「水のはたらき」によって粒の大きさがそろうということがわかった。また、調べてみると砂浜の有孔虫はおきで生きていた有孔虫が死んで波で流されてきたものであることがわかった。来年は、生きた有孔虫を飼って観察してみたい。

今回、顕微鏡を使うことで、11種類の有孔虫を見つけられて標本ができたので宝物にしたい。

学校奨励賞・指導奨励賞

学校奨励賞（中学校の部）

石川県
金沢大学人間社会学域
学校教育学類附属中学校



校長 三戸 望

この度、学校奨励賞という栄えある賞をいただきましたことを、心より感謝申し上げます。

本校は以前から授業内で自由研究を奨励しており、多くの生徒が日頃から探究的な学びを行ってきましたが、2020年度より「Society5.0を主体的に生きるための資質・能力」を育成することを目標とした研究に取り組み始めました。さらに2021年度からは文部科学省の研究開発学校の指定を受け、個別最適化学習やSTEAM教育を柱とした「創造デザイン科」という新設教科を作り、教育を行っています。この新設教科では創造的問題解決学習を実践し、新たな価値を創造する資質・能力の育成を目指しています。

今回の受賞を励みとして、本校の生徒の探究的な学びが一層活発化し、新たな価値を創造する資質・能力の育成に繋がることと思います。誠にありがとうございました。

学校奨励賞（小学校の部）

東京都
千代田区立九段小学校



校長 清水 明

この度は学校奨励賞という栄えある賞をいただき、心より感謝申し上げます。

本校は教員一同で、子どもたちが自ら課題を見付け、友達と協働して学び、よりよく問題を解決していく学習活動を日々展開しています。

文部科学大臣賞を受賞した熊谷さんは、ネジバナのねじれに着目し、仮説を立て、2年間研究を続けてきました。根気強く観察を続け、考察まで結び付ける意欲を育むには、学校での学びだけでなく、保護者の方の支えや地域の豊かな環境によるものだと思います。

子どもたちが生活するこの地には、野鳥が好む実のなる木が数多くある北の丸公園があり、植物園、自然公園、庭園などを訪れることもできます。子どもたちが、自然に触れ、観察することで疑問をもち、調べる環境に恵まれた中で、益々、様々なことへの興味・関心を深めてほしいと思います。

今回の受賞を励みに、探究を続ける子どもたちの姿を目指してまいります。この度は誠にありがとうございました。

指導奨励賞（中学校の部）

秋田県
由利本荘市理科教育センター

理科教育指導員 佐藤和広



この度は、指導奨励賞という栄えある賞をいただき、心より感謝申し上げます。私自身、4年前の教員生活最後の年にもこの賞をいただきましたが、その「受賞のことば」の中に「退職後も理科研究とは関わっていきたい」と書きました。現在もこうして、子どもたちの理科研究の指導を続けることができていることに、大きな喜びを感じています。

本センターでは、市内の小中学校教職員向けの「理科教育センターだより」を不定期に発行しています。その中に、この研究の進捗状況も記事として連載してきました。いわば理科研究の実況中継です。先生方からは「とても参考になった」という声を何度かいただくことができました。子どもたちの研究は先生方の研修にもつながる、ということを今になって初めて理解することができました。

今後も自分のできる範囲の中でこのような活動を続けていきたいと思います。ありがとうございました。

指導奨励賞（中学校の部）

新潟県
長岡市立富曽亀小学校

校長 中島稔



この度は、栄えある指導奨励賞をいただき、心より感謝申し上げます。オリンパス特別賞を受賞した星さんは、小学校4年生の時に研究した、スマレの繁殖についての疑問を解決するために研究を継続しました。未成熟の種子の発芽率を閉鎖花の角度から分析した点や、完熟した種子の発芽率を乾燥状況から考察した点が、興味深く感じました。スマレの繁殖戦略を「他家受粉」「自家受粉」、そして「休眠スイッチ」という新たな視点を加えてまとめました。エライオソームと乾燥とが休眠スイッチに大きく関係していることを明らかにした点は、本研究の大きな成果と言えます。この受賞は、星さんの粘り強く取り組む姿勢はもちろんのこと、ご家族の温かい支援の賜物と思っています。

今回の受賞を励みに、子供の興味や関心に寄り添い、科学を楽しみながら研究に取り組む子供の育成に努めたいと思います。

指導奨励賞（小学校の部）

富山県
富山大学教育学部附属小学校

保井海太郎



この度は、栄えある指導奨励賞をいただき、心より感謝申し上げます。

本校では、科学作品の作成にあたり、テーマ設定に重点を置いて指導しています。夏休み前に、テーマ案をもって来校していただき、理科担当2名と相談します。具体的には、①研究の柱となる問題は意欲的に取り組めるものか、②検証可能な仮説が複数発想できるか、③既習を生かしながら自力で解決することが可能か、これらについて意見を交わします。子供も保護者も一番悩むテーマ設定に重点を置いて指導することで、主体的な問題解決をスタートできるようにしています。

しかし、我々の指導は微々たるもので、研究の過程で高まった力や作品の素晴らしさは、子供の頑張りや保護者のお力添えの成果に他なりません。指導奨励賞を頂戴できたのは、やる気に満ちた子供が科学作品に挑戦したからこそだと思います。今後も、子供の問題解決の力を高めていけるよう、努力していく所存です。

指導奨励賞（小学校の部）

東京都
港区立青南小学校 教諭

この度は、栄えある指導奨励賞をいただき本当にありがとうございます。毎年、多くの児童の作品を受け入れていただけること、重ねてお礼申し上げます。その1点1点への丁寧なアドバイスは、応募した児童の次の研究への指針となっております。

生物の研究に際しては、研究対象としてではなく、その命に触れ、生きる力を探る姿勢を大切にしたいと考えております。また、研究成果と人々の豊かな暮らしとの関わりを意識できるように心がけております。日々の生活の中での気づきや発見を研究として進めることができるように導いていきたいと考えております。

児童が自らの研究を発表する機会をもつことは、将来にわたって自らの成果を人々の役に立てていこうとする生き方に繋がると考えています。このような場を大切に、児童が自然との豊かな触れ合いを広げ、研究へと進められるよう支援に努めてまいります。

指導奨励賞（中学校の部）

東京都
東京学芸大学附属竹早中学校

金子真也



この度は、指導奨励賞という栄えある賞をいただき、心より感謝申し上げます。

本校では、全校生徒が4月から約半年間かけて自由研究・卒業研究に取り組み、秋の文化研究発表会でその成果を展示発表しています。佳作をいただいた2年生の梅田さんは、1年生の時から金魚をテーマにした研究に取り組んでいます。今年度も、金魚に関するいくつかの実験に取り組んでいます。中でも私は金魚の「鏡像自己認知」への着目がとても面白いと思いました。金魚ならではの難しさもあり、結論を出すことが難しかった部分もあったようですが、次年度の卒業研究での継続研究に期待しています。

今回の受賞を励みに、引き続き自由研究で理科を選択した生徒たちのサポートに努めていく所存です。ありがとうございました。

[中学校の部]

「目指せ！お家で簡単エコ発電～エネルギーを創る第一歩～」

茨城県つくば市立谷田部東中学校 1年 大澤彩季

「UV で光る花と無関心なウキクサ～紫外線の研究パート6～」

茨城県つくば市立谷田部東中学校 1年 須田陽矢

「焼鮭の食感改善のための前処理法の検討」

茨城県開智学園開智中等教育学校 1年 若山晃志郎

「ストレス環境下における植物の防御機能について part 2～アントシアニンの生合成のメカニズムと部位の法則～」

茨城県立並木中等教育学校 3年 門 和樹・出張俊輔・庄田龍平

「トビムシ尾突起有無の分類およびその分布域についての調査」

埼玉県蓮田市立蓮田中学校 2年 高橋真也斗

「海を救え Part 2 ～様々な材質のマイクロプラスチックの形態と除去法～」

神奈川県川崎市立長沢中学校 3年 平野瑞季

「水をきれいにして確認する実験 Part 3 ～ろ過材の再利用による家庭排水の浄化効果に関する研究～」

神奈川県川崎市立長沢中学校 3年 前田心美

「キアゲハがサナギになるまで」

神奈川県日本大学藤沢中学校 3年 徳安諒音

「浅い水路で高齢者が溺れてしまうのはなぜか？」

富山県砺波市出町立中学校 用水路の事故班 2年 齋藤椋太・吉田伊織・江刺瑚虎・山本優青・河合優斗

「私の住んでいる地域ではなぜ土砂くずれが起きるところと起きないところがあるのか？（研究3年目）」

石川県金沢市立鳴和中学校 2年 野崎真由美

「カメの研究9年目 水槽飼育から自然界に放たれた子ガメの行動観察」

石川県金沢大学人間社会学域学校教育学類附属中学校 3年 部家 司

「イモリの再生能力を探る ～Ver.4～」

静岡県静岡大学教育学部附属静岡中学校 2年 瀧 昌宏

「塩素を抜く条件ーメダカのために手早く適切にー」

愛知県春日井市立高蔵寺中学校 1年 望月悠史

「茶柱の研究」

愛知県刈谷市立刈谷東中学校 科学部 茶柱班

1年 上杉一稀・加藤心花・佐藤優菜・鈴川湊太

2年 小笠原琴葉・サミ アル カフィヤ・下條悠真・祝夢圓

3年 川口悠太郎・金田敬潤・森奏陽

「雨宿りの研究 ～隙間が空いていても雨宿りができるメカニズムを探る～」

愛知県刈谷市立富士松中学校

1年 宮崎虹遙・宇多賀史緒・外山輝一

2年 兵藤煌輝・丹村康成・吉田和史

3年 鈴木創太

「土砂災害の被害を軽減するための考察パート3 ～真砂土と三波川変成帯の土のせん断力からの考察～」

三重県多気町立勢和中学校 2年 大須賀希子

「コロナ禍における県道のロードキルと保護について」

岡山県岡山市立岡山後楽館中学校 2年 中山旺己

「～ウズラを育てたいパート6～ 小動物用ヒーターを用いたウズラふ卵器の作成」

広島県広島市立大州中学校 1年 木下悠真

[小学校の部]

「カエルが反応する音は何だろう？ ～イエアメガエルの鳴き声の秘密に迫る！～」

茨城県牛久市立岡田小学校 6年 長山颯汰

「花粉の研究 ースギ花粉の飛散調べといろいろな花の花粉と発芽についてー」

茨城県小美玉市立堅倉小学校 2年 中山佳穂 5年 中山咲季

「言霊ってホント!？」

埼玉県行田市立南小学校 4年 中田陸翔

「持続可能な育成装置を作る!!」

千葉県日出学園小学校 6年 岩崎賢太郎

「ホウセンカとフィボナッチ数列について」

東京都千代田区立麴町小学校 3年 佐川ひかり

「にじくわ ー106ぴきとすごした1年ー」

東京都聖徳学園小学校 4年 岩本武琉

「日本産タカラガイの世界 ～駿河湾深海性タカラガイの世界 御前崎海岸で採取された貝殻～」

愛知県名古屋市立陽明小学校 6年 今林実莉

「ワサビの効能 知る人ぞ知るワサビのスペシャルパワー」

京都府立命館小学校 4年 野田千隼

「風震火山」

大阪府堺市立北八下小学校 6年 末包晴大

「ヘチマの水はなんであんなに高く上がるの？ ～尿素水の結晶で考えた」

島根県出雲市立平田小学校 5年 石川結唯・有田早希・松本珠季



過去の入賞作品がみられます。
研究対象で作品を検索することも
できます。



「秋山先生の特別授業」や
研究の進め方について、
動画でみることができます。



「研究のきっかけ」や
「自由研究攻略マニュアル」といった
研究のヒントを紹介しています。



半世紀を超えて続くシゼコンの
過去受賞者のインタビューが
掲載されています。

シゼコンのWEBサイトには
面白いコンテンツが盛りだくさん！



ぜひご利用ください！

<https://www.shizecon.net>

詳しくは

シゼコン

検索

《お断り》

作品のダイジェスト化にあたっては、できるだけ作品の
持ち味をお伝えするとともに、読者にとってわかりやすい
作品集となるように再編集しました。

編集を終えて

今回の「自然科学観察コンクール入賞作品ガイド集」
の作成にあたり、審査にあたった先生方および作品
の指導をされた先生方、保護者の皆様の多大なるご
協力に深く感謝し、厚く御礼申し上げます。

編集発行 自然科学観察研究会